

32/uu6(3uz) 2^e ex

**Effectbepaling anti-verdrogingsmaatregelen
Landgoed 'De Wildenborch'**

**H.Th.L. Massop
J.M.P.M. Peerboom
H.C. van Vessem**

**BIBLIOTHEEK
STARRINGGEBOUW**

Rapport 342

- 5 JAN. 1995

DLO-Staring Centrum, Wageningen, 1994



Isn 4351147

REFERAAT

Massop, H.Th.L., J.M.P.M. Peerboom en H.C. van Vessem, 1994. *Effectbepaling anti-verdrogingsmaatregelen Landgoed 'De Wildenborch'*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 342; 128 blz.; 7 fig.; 19 tab.; 17 ref.; 7 aanh.

Om het effect van anti-verdrogingsmaatregelen op landgoed 'De Wildenborch' te kunnen evalueren zijn waterhuishoudkundige scenario's doorgerekend met de modellen FLONET en SWAP93. De scenario's hadden alle betrekking op het conserveren van water in de omgeving van het landgoed, vooral in voorjaar en winter. Bij de beoordeling van de scenario's is gekeken naar de effecten op de mogelijkheden voor natuurontwikkeling binnen het landgoed en op de te verwachten landbouwschade buiten het landgoed. Een scenario met waterconservering gedurende het gehele jaar met in het groeiseizoen flexibel peilbeheer kwam als het meest kansrijke uit de berekeningen. De doorgerekende maatregelen zullen worden uitgevoerd binnen het Provinciaal Intentieprogramma Bodembeschermingsgebieden.

Trefwoorden: bodembescherming, ecohydrologie, modelberekening, scenario, verdroging, vernatting, waterconservering

ISSN 0927-4499

©1994 DLO-Staring Centrum, Instituut voor Onderzoek van het Landelijk Gebied (SC-DLO)
Postbus 125, 6700 AC Wageningen.
Tel.: 08370-74200; telefax: 08370-24812.

DLO-Staring Centrum is een voortzetting van: het Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding (ICW), het Instituut voor Onderzoek van Bestrijdingsmiddelen, afd. Milieu (IOB), de Afd. Landschapsbouw van het Rijksinstituut voor Onderzoek in de Bos- en Landschapsbouw 'De Dorschkamp' (LB), en de Stichting voor Bodemkartering (STIBOKA).

DLO-Staring Centrum aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van DLO-Staring Centrum.

Inhoud

	blz.
Woord vooraf	9
Samenvatting	11
1 Inleiding	13
1.1 Probleemschets	13
1.2 Nadere uitwerking natuurdoelstelling	14
1.3 Methode	15
1.4 Leeswijzer	16
2 Geohydrologische beschrijving van 'De Wildenborch' en zijn omgeving	19
2.1 Geohydrologische opbouw	19
2.2 Grondwaterstroming	21
3 Modelschematisatie	23
3.1 FLONET	23
3.1.1 Discretisatie	23
3.1.2 Geohydrologische schematisatie	23
3.1.3 Ontwateringssysteem	24
3.1.4 Randvoorwaarden	25
3.2 SWAP93	25
3.2.1 Meteorologische gegevens	26
3.2.2 Bodemfysische gegevens	26
3.2.3 Onderrandvoorwaarde	27
3.3 Nabewerking resultaten	29
3.3.1 Draagkracht	29
3.3.2 Start van de grasgroei	30
3.3.3 Directe productieverliezen	30
3.3.4 Watervoorziening natuur	30
4 Modelresultaten basisscenario's	33
4.1 Identificatie van verschillende maatregelen	33
4.1.1 Noordraai	33
4.1.2 Zuidraai	35
4.2 Berekening grondwaterstandsverloop voor verschillende scenario's	36
4.3 Effecten voor de landbouw	38
4.3.1 Draagkracht	39
4.3.2 Start grasgroei	40
4.3.3 Directe productieverliezen	40
4.3.4 Algemeen	41
4.4 Effecten voor de natuur	42
5 Resultaten definitief scenario	45
5.1 Formulering definitief scenario	45
5.2 Rekenmethode	45
5.3 Resultaten berekeningen	46

6	Evaluatie berekeningsmethode	49
6.1	FLONET-berekeningen	49
6.2	SWAP-berekeningen	49
6.3	Invloed op de rekenresultaten	51
7	Conclusies	53
	Literatuur	55
	Niet-gepubliceerde bronnen	56

Aanhangsels

1	Locatiekaart 'De Wildenborch' en simulatieraaian en locatie's	57
2	Gesimuleerde grondwaterstromingen Noordraai	61
3	Gesimuleerde grondwaterstromingen Zuidraai	69
4	Gesimuleerde grondwaterstandsverlopen voor scenario 1	77
5	Gesimuleerd aantal werkbare dagen per maand in de basisruns voor drie weerjaren	87
6	Gesimuleerde grondwaterstandsverlopen en zuigspanningen in de bodemlaag van '0-5 cm', definitief scenario voor weerjaren 1964, 1969, 1970, 1971 en 1981 resp. 5; 50; 90; 25 en 75% droog	91
7	Gesimuleerde relatieve gewasverdamping en aantal werkbare dagen per maand voor scenario 1 (huidige situatie) en 2 (flexibel peilbeheer)	117

Tabellen

1	Beschouwde aspecten en gebruikte modellen	16
2	Aangetroffen geologische formaties bij boring 34C-76	19
3	Gradiënt (m/m) en grondwaterflux (m ² /d) in de stromingsrichting van het grondwater in de omgeving van 'De Wildenborch', voor 3 data	21
4	Gradiënt (m/m) en grondwaterflux (m ² /d) in de stromingsrichting van het grondwater in de omgeving van 'De Wildenborch', voor 2 data	21
5	Gemeten verschil tussen stijghoogte in het 1 ^e watervoerende pakket en de freatische grondwaterstand voor 2 data in 1993 ter plaatse van 'De Wildenborch'	22
6	De radiale weerstand volgens Ernst voor een aantal waarden van de natte omtrek, uitgaande van D=3m	24
7	Bodemopbouw in Staringreeks-bouwstenen en kritische drukhoogten (bodemlaag 0-5 cm) voor de 8 gesimuleerde locaties	28
8	Wortelonttrekkingsfuncties zoals ingevoerd voor grasland	31
9	Drainage van de ontwateringsmiddelen in de Noordraai voor de huidige situatie en de situatie met verhoogde peilen in 3 waterlopen volgens FLONET-berekening	34
10	Drainage van de ontwateringsmiddelen in de Zuidraai voor de huidige situatie en de situatie met verhoogde peilen in 3 waterlopen volgens FLONET-berekening	35
11	Beschouwde waterconserveringsscenario's met peilverhoging in de Afwatering van Kranengoer (+20 cm) en van Groenouwe (+20 cm) en de Waterleiding in Barchem (+45 cm)	36

12	Aantal niet-werkbare dagen gedurende de periode februari t/m mei voor 6 scenario's, 8 locaties en 3 weerjaren	37
13	Dagnummer waarop 200 graaddagen worden bereikt voor 6 scenario's, 8 locaties en drie weerjaren	40
14	Relatieve gewasverdamping in % voor scenario 1 en 2, voor 8 locaties en 3 weerjaren	41
15	Het aantal dagen met een grondwaterstand dieper dan 80 cm - mv. voor scenario 1 en 2, voor 8 locaties en 3 weerjaren	42
16	Aantal niet-werkbare dagen, relatieve verdamping en datum waarop de grasgroei start voor de periode 1959-1988, voor 8 locaties voor de huidige situatie en voor de situatie met flexibel peilbeheer.	46
17	Aantal niet-werkbare dagen na 1 februari voor de huidige situatie(1), het definitieve scenario (2) en het definitieve scenario zonder flexibel peilbeheer (3) in de zomer voor 2 locaties, gedurende een aantal geselecteerde jaren	47
18	Effect van aanpassing $q(h^*)$ -relatie op de effecten voor de landbouw en de natuur op locatie 1	51
19	Uiteindelijk oordeel over de uitwerking van het definitieve waterconserveringsscenario op de landbouw en op de natuur in en rond 'De Wildenborch'	53

Figuren

1	Geologisch schema van 'De Wildenborch' en omgeving (naar Engelen, 1993)	20
2	Overschrijdingskans voor het neerslagoverschot voor het voorjaar, het groeiseizoen en het gehele jaar voor de periode 1958-1988 voor vliegveld Twente, met daarin de in detail beschouwde jaren	27
3	Gesimuleerd grondwaterstandverloop voor scenario 1 en 2, voor 3 weerjaren op locatie 3	37
4	Gesimuleerd grondwaterstandverloop voor scenario 1 en 2, voor 3 weerjaren op locatie 2	38
5	Gesimuleerd verloop van de grondwaterstand en de zuigspanning op 2,5 cm - mv. op locatie 4 in 1970, voor de situatie zonder waterconservering, met waterconservering en flexibel peilbeheer in de zomer en waterconservering zonder flexibel peilbeheer in de zomer	48
6	Gesimuleerde grondwaterstanden voor locatie 1 ('De Wildenborch') met verschillende $q(h^*)$ -relaties voor 1993	50
7	$q(h^*)$ -relatie berekend met FLONET en de daaruit afgeleide e-macht voor de invoer in SWAP93	51

Woord vooraf

In opdracht van Staatsbosbeheer regio Veluwe en Achterhoek heeft SC-DLO een modelonderzoek uitgevoerd naar de verschillende mogelijkheden van waterconservering rondom het Landgoed 'De Wildenborch' en de effecten daarvan op de landbouw en natuur om de opgetreden verdroging op het landgoed tegen te gaan. De uitgevoerde berekeningen zijn een vervolg op een eerder door SC-DLO uitgevoerd onderzoek op 'De Wildenborch', waarin een ecohydrologische systeembeschrijving is gemaakt (Jansen, P.C., R.H. Kemmers, P. Mekking, 1994, *Ecohydrologische systeembeschrijving van het landgoed 'De Wildenborch'*, Rapport 296 (SC-DLO)). Het onderzoek is uitgevoerd in de periode februari-augustus 1994.

De resultaten van deze laatste studie en van dit onderzoek zijn in samengevatte vorm opgenomen in het rapport 'Bestrijding verdroging landgoed De Wildenborch' van de Projectgroep bestrijding verdroging landgoed 'De Wildenborch' (1994).

H.Th.L. Massop heeft het grootste deel van de modelberekeningen uitgevoerd, J.M.P.M. Peerboom heeft onderzoeksmethodiek en de scenarioberekeningen begeleid en H.C. van Vessem heeft de berekeningen voor het definitieve scenario uitgevoerd. P.C. Jansen heeft een bijdrage geleverd in de vorm van de overdracht van de gegevens van het eerder uitgevoerde onderzoek op het landgoed.

H.J. Reit (provincie Gelderland, Dienst Milieu & Water) heeft namens de opdrachtgever de studie grotendeels begeleid. Daarnaast werd de studie op afstand begeleid door een begeleidingsgroep waarin vertegenwoordigers van de Waterleidingmaatschappij Oostelijk Gelderland, het Waterschap van de Berkel, de provincie Gelderland, Staatsbosbeheer en de agrariërs uit de streek zitting hadden. Voorzitter van deze begeleidingsgroep was Chr. Schepers van Staatsbosbeheer; regio Veluwe-Achterhoek.

Samenvatting

Om de verdroging te bestrijden is de provincie Gelderland van plan bij het landgoed 'De Wildenborch' maatregelen te nemen die erop gericht zijn het oorspronkelijk waterregime zo goed mogelijk te herstellen. Concrete maatregelen worden gebaseerd op de werking van het ecohydrologische systeem. De ontbrekende kennis over dit ecohydrologische systeem is door DLO-Staring Centrum in een eerder onderzoek in 1993 (Jansen et al., 1994) geleverd. Het onderzoek was primair gericht op de beschrijving van het huidige en vroegere grondwatersysteem, en van de natuurontwikkelingspotenties voor de toekomst, via veldonderzoek aan de waterkwaliteit en -kwantiteit en het humuscompartiment.

Dit onderzoek door SC-DLO heeft zich primair gericht op de kwantitatieve uitwerking (effecten voor natuur en landbouw) van een aantal waterhuishoudkundige maatregelen in de omgeving van het landgoed 'De Wildenborch', en de omringende landbouwgronden. Deze maatregelen zullen in het kader van het Provinciaal Intentieprogramma Bodembeschermingsgebieden (IPB), gedurende 1994 gerealiseerd worden. Het onderzoek is uitgevoerd in de periode februari-augustus 1994.

Voor het landgoed 'De Wildenborch' en zijn omgeving is voor twee raaien in de stromingsrichting van het grondwater, een stationair twee-dimensionaal hydrologisch model opgesteld met het model FLONET, waarin onder meer alle relevante ontwateringsmiddelen expliciet gesimuleerd worden. De invoergegevens voor dit model waren afkomstig uit een aantal diepere boringen en uit bestaande literatuur. De grootste onzekerheid hierbij was (en is nog steeds) het voorkomen van en de eigenschappen van een begraven stuwwal in de buurt van het landgoed. Het gesimuleerde stromingspatroon is globaal geverifieerd aan de hand van op grondwaterstandsmetingen gebaseerde isohypsenkaarten van het gebied.

Door de neerslagaanvulling van het model te variëren, kon voor iedere gewenste locatie een relatie opgesteld worden tussen stijghoogte van het grondwater en de (stationaire) afvoer, zogenaamde $q(h^*)$ -relaties. Deze relaties werden vervolgens gebruikt als onderrandvoorwaarde voor het niet-stationaire waterbalansmodel SWAP93 voor verschillende locaties, waarmee o.a. het grondwaterstandsverloop in de tijd, de verdamping en de drukhoogten in de onverzadigde zone gesimuleerd werden. Vanwege gebrek aan geschikte meetreeksen konden deze modellen slechts zeer ten dele geverifieerd worden.

De ingrepen die tijdens het onderzoek aan de orde waren, betroffen alle waterconserveringsmaatregelen in de waterlopen rondom 'De Wildenborch' cq directe omgeving, die een belangrijk deel van de kwel wegvangen ten nadele van het landgoed. Allereerst is via een aantal FLONET-berekeningen vastgesteld welk effect de betreffende waterlopen sorteren op de grondwaterstand in en de kwelstroom en kwelintensiteit naar het landgoed, indien het peil van de waterlopen in verschillende mate verhoogd zou worden. Uiteindelijk is uitgegaan van peilverhogingen van de Afwatering van Groenouwe (+20 cm), de Waterleiding in Barchem (+45 cm) en de Afwatering van het Kranengoor (+20 cm).

Voor de peilverhogingen in de genoemde waterlopen zijn $q(h^*)$ -relaties opgesteld voor 8 locaties in het gebied. Voor deze locaties zijn SWAP93-berekeningen

uitgevoerd voor drie representatieve jaren. Hierbij is volgens 6 scenario's gerekend: waterconservering gedurende het gehele jaar, waterconservering tot respectievelijk 1 april, 1 maart, 1 februari, optimaal beheer voor de landbouw en helemaal geen conservering (huidige toestand). Voor alle scenario's is de reductie van het aantal werkbare dagen in het landbouwgebied, het verschil in relatieve transpiratie, de extra vertraging van het begin van de grasgroei en het verloop van de grondwaterstand ten opzichte van de huidige situatie bekeken.

Zoals verwacht heeft de waterconservering meestal alleen effect op de grondwaterstand in het voorjaar, in het algemeen kan uitgegaan worden van een verhoging van 5 à 15 cm, afhankelijk van het weerjaar en de locatie. In de zomer is slechts sprake van enkel centimeters verhoging. De landbouw ondervindt altijd enige schade van de waterconservering, doordat het aantal niet-werkbare dagen in een aantal situaties met enkele dagen terugloopt en de grasgroei enkele dagen later start. Het effect op de verdamping van de gewassen is wisselend licht positief (minder droogtereductie) en licht negatief (meer reductie door luchtgebrek).

Zowel de waterkwaliteit (toestroom kwelwater) als de waterkwantiteit (grondwaterstand) op 'De Wildenborch' ontwikkelen zich in positieve richting indien waterconservering in een zo lang mogelijke periode wordt toegepast. Om dit effect daadwerkelijk te verwezenlijken, zullen echter op het landgoed ook enige interne maatregelen genomen moeten worden, met name voor het versneld afvoeren van neerslagwater.

Als toegevoegd scenario is uiteindelijk gekozen voor waterconservering gedurende het gehele jaar, waarbij tijdens het ruime groeiseizoen (1 april-1 november) een flexibel peil wordt gehanteerd. Hierbij worden de nieuw te plaatsen stuwen gestreken indien de grondwaterstand op één van de twee in te richten grondwaterstandsmeetlocaties hoger wordt dan 80 cm - mv. om de schade voor de landbouw zoveel mogelijk te beperken. Dit definitieve scenario is met SWAP93 doorgerekend, voor de periode 1959-1988. Uit de berekeningen blijkt dat het voeren van een flexibel peilbeheer gedurende de zomer, in vergelijking met het huidige peilbeheer, een toename geeft, van het aantal niet-werkbare dagen, met enkele procenten. Voor relatief natte locaties (locatie 4) is de toename het grootst. In vergelijking met de situatie met een continue peilverhoging vindt er een reductie plaats in het aantal niet-werkbare dagen, deze reductie vindt voornamelijk plaats in jaren met een nat of zeer nat groeiseizoen.

1 Inleiding

1.1 Probleemschets

In het kader van het project "Bestrijding verdroging landgoed 'De Wildenborch'" is in 1993 een ecohydrologische systeemanalyse van het landgoed uitgevoerd (Jansen et al., 1994). Hierbij is gekeken naar de huidige hydrologische en bodemkundige toestand van het landgoed. De huidige waterkwaliteit, grondwaterstanden en humusprofielen zijn daarbij nader beschouwd. Tevens is in dit onderzoek de vroegere, nog niet verdroogde situatie gereconstrueerd en zijn van daaruit natuurontwikkelingsperspectieven aangegeven.

Om het natuurgebied weer in zijn oorspronkelijke staat terug te brengen is een aantal maatregelen aangegeven. Het tegengaan van zure depositie en inlaat van gebiedsvreemd water zijn twee maatregelen die van belang zijn, maar lokaal niet snel verwezenlijkt kunnen worden. Het verhogen van de drainagebasis in de directe omgeving van het natuurgebied is een belangrijke maatregel, die wel lokaal en op vrij korte termijn gerealiseerd kan worden. Door het verhogen van de drainagebasis in de omgeving zal minder (laterale) kwel afgevangen worden buiten het natuurgebied. Bovendien zullen hierdoor in het natuurgebied, maar ook daarbuiten, hogere grondwaterstanden gerealiseerd worden. Als vervolg op de eerdere studie, is in deze studie door SC-DLO nagegaan welke maatregelen in het peilbeheer rondom het landgoed het meest effectief zijn voor natuurontwikkeling en welke landbouwkundige schade deze maatregelen zullen veroorzaken. Het onderzoek is uitgevoerd in de periode februari-augustus 1994.

De probleemstelling voor het onderzoek is als volgt geformuleerd:

De voorgestelde maatregelen om de verdroging op het landgoed 'De Wildenborch' te bestrijden, i.c. het voeren van een conservatief peilbeheer in de sloten rondom het gebied, hebben een onbekend effect op de gebruiksmogelijkheden van het omringende landbouwgebied en op de beschikbaarheid van kalkrijke kwel in de wortelzone in het natuurgebied.

De doelstelling van het onderzoek is geformuleerd als:

Het kwantificeren van verschillende mogelijkheden van conservatief peilbeheer/waterconservering voor zowel de positieve effecten van dit beheer op het landgoed 'De Wildenborch' als voor de mogelijk negatieve effecten op de gebruiksmogelijkheden van de omringende landbouwgebieden.

De doelstelling die voor natuur gesteld is, komt neer op het realiseren van een zo hoog mogelijke grondwaterstand waarbij de capillaire opstijging maximaal is. Deze natuurdoelstelling is later verder ingevuld als:

Het bereiken van een grondwaterstand waarbij de capillaire opstijging nog net maximaal is.

Dit betekent dat niet gestreefd wordt naar een zo nat mogelijke situatie, maar dat scherp gestreefd wordt naar een situatie waarbij de minimale eisen voor de natuur

gerealiseerd worden om zo min mogelijk schade aan de landbouw toe te brengen. De te bepalen grondwaterstand die voor de natuur minimaal wenselijk wordt geacht, dient uiteindelijk te worden vertaald naar een gewenst peil of peilregime.

1.2 Nadere uitwerking natuurdoelstelling

Gegeven de geformuleerde doelstelling zijn maatregelen te formuleren. Deze maatregelen kunnen vertaald worden in hun uitwerking op de grondwaterstand en -stroming. In het volgende wordt dit nader uitgewerkt.

Maatregelen

Uit de uitgevoerde ecohydrologische systeemanalyse (Jansen et al., 1994) blijkt dat de kalkrijke bovengrond in 'De Wildenborch' in vroeger tijden is ontstaan doordat de opwaartse grondwaterstroming (kwel) domineerde boven de neerwaartse stroming (infiltratie). Het gedeelte van het neerslagoverschot dat niet oppervlakkig is afgevoerd maar infiltreerde, werd gecompenseerd door een (ondiepe) kwel. In de huidige situatie infiltreert een groot gedeelte van het neerslagoverschot en bereikt de kwel het maaiveld niet meer.

Als maatregel tegen de verdroging en de deels hiermee samenhangende verzuring van 'De Wildenborch' komt, binnen de gestelde mogelijkheden, een verhoging van de drainagebasis in de directe omgeving van 'De Wildenborch' in aanmerking, met als doel:

- 1) een hoger grondwaterniveau in de winter waardoor de berging vermindert en de oppervlakkige afvoer (van neerslagwater) toeneemt;
- 2) een kleinere kwelflux naar de diepere waterlopen buiten 'De Wildenborch' en wijziging van de grondwaterstroming wat resulteert in (ondiep) grondwater met een langere verblijftijd op het landgoed;
- 3) het conserveren van water waardoor in tijden met een neerslagtekort de capillaire nalevering optimaal is.

Grondwaterstand

Een langdurig hoog grondwaterniveau, met een anaërobe wortelzone op het landgoed, is acceptabel buiten het groeiseizoen (ca. 15 november - 15 maart). Gedurende het groeiseizoen is een ontwatering gewenst die overeenkomt met de dikte van de wortelzone.

De maatregelen die voorgesteld worden, zijn gericht op de authentieke beekeerd- en broekeerdgronden waar de aanvoer van kalkrijk kwelwater een prominente rol heeft gespeeld. Dit zijn de lagere delen waarvoor van een gemiddelde maaiveldshoogte van 12,30 m + NAP is uitgegaan.

Winter

In de winter vormen inundaties in principe geen bezwaar. Met het opzetten van het peil in de aangrenzende afwateringen moet echter vermeden worden dat inundaties met gebiedsvreemd water optreden. Dat betekent dat het peil in de afwateringen niet

hoger mag zijn dan de maaiveldshoogte van de laagste delen: 12,00 m + NAP. Uit de vocht karakteristieken (Staringreeks) voor moerige en lemig fijnzandige gronden is het minimale grondwater niveau afgeleid. Tot een pF van 1,7 is de berging minimaal, wat overeenkomt met een evenwichtvochtsituatie bij een grondwaterstand van 50 cm - mv., ofwel $12,30 - 0,50 = 11,80$ m + NAP.

Voorjaar en zomer

Uit de karakteristieken van de onverzadigde zone (Provincie Gelderland, 1993) blijkt dat voor een beekbedgrond en een broekbedgrond de capillaire opstijging groot is tot een grondwaterstand van 60 cm. Bij grondwaterstanden dieper dan 80 cm neemt de capillaire opstijging bij beide bodemtypen sterk af. Hieruit is afgeleid dat voor een optimale capillaire opstijging de grondwaterstand niet dieper mag zijn dan $12,30 - 0,60 = 11,70$ m + NAP en voor een minimale situatie $12,30 - 0,80 = 11,50$ m + NAP.

1.3 Methode

Om de natuurdoelstelling te realiseren is een aantal maatregelen voorgesteld, waarbij evenwel rekening wordt gehouden met de landbouwkundige belangen.

Om inzicht te verkrijgen in de effecten van deze maatregelen is kennis nodig over drie aspecten:

- 1) het regionale grondwaterstromingssysteem i.c. het regionale effect van peilconservering op de horizontale en radiale stroming naar de waterlopen vanuit het landbouwgebied en 'De Wildenborch';
- 2) het locale grond- en bodemwatersysteem, i.c. de interactie tussen het grondwatersysteem en de onverzadigde zone;
- 3) de invloed van processen in het onverzadigde systeem op de specifieke gebruiksmogelijkheden (natuur en landbouw).

Met het stationaire grondwaterstromingsmodel FLONET is in twee raaien de grondwaterstroming gemodelleerd, voor een voorjaarssituatie (aspect 1). Hierbij is gekeken welk effect verhoging van de peilen in de waterlopen zullen hebben op de grondwaterstand en -stroming.

Om de veranderingen in de grondwaterstand en onverzadigde zone in de tijd te kunnen vaststellen zijn vervolgens voor acht locaties berekeningen uitgevoerd met het model SWAP93 (aspect 2 en 3). De koppeling tussen het regionale systeem (FLONET) en het locale systeem (SWAP93) is gerealiseerd m.b.v. $q(h^*)$ -relaties die gegenereerd worden met FLONET en als invoer van SWAP93 kunnen fungeren.

De berekeningen zijn op dagbasis uitgevoerd voor drie weerjaren (1986, 1989 en 1993 resp. gemiddeld, 10% droog en extreem nat jaar, gerekend over het gehele jaar). Om de effecten van verschillende mogelijkheden van peilbeheer inzichtelijk te maken zijn meerdere scenario's doorerekend die onderling verschillen in de tijd tot wanneer conservatief peilbeheer wordt toegepast.

Later is in overleg met het waterschap, een keuze gemaakt voor een samengesteld scenario, dat samen met de huidige situatie geëvalueerd is voor een weerreeks van

30 jaar. Dit scenario voorziet in conservatief peilbeheer gedurende het gehele jaar, met dien verstande dat na 1 april een grondwaterstandsafhankelijk stuwbeheer wordt gevoerd, waardoor in het groeiseizoen de landbouwschade zoveel mogelijk wordt beperkt.

Bij de berekeningen is uitgegaan van standaardparameters voor de betreffende bodemeenheden. Vanwege het vrijwel ontbreken van calibratiemateriaal is slechts marginaal een verificatie uitgevoerd. Voor locatie 1 is in verband met de beschikbaarheid van twee grondwaterstandsbuizen, de berekende en gemeten grondwaterstand vergeleken en is voor deze locatie een beperkte gevoeligheidsanalyse uitgevoerd.

De effecten van waterconservering voor de landbouw komen tot uiting in de draagkracht (aantal niet-werkbare dagen over de periode 1 februari tot 31 mei), alsmede in de datum waarop het groeiseizoen begint (temperatuursom van 200 graaddagen).

Voor de natuur is een optimale watervoorziening van belang. Voor de landbouw kunnen nattere omstandigheden leiden tot wateroverlast in voor- en najaar, maar ook tot extra opbrengst als gevolg van nattere omstandigheden in het voorjaar/zomer. Om dat aspect inzichtelijk te maken wordt de relatieve transpiratie (Tr_{act}/Tr_{pot}) gepresenteerd. Hierbij is gekozen voor de relatieve transpiratie zoals berekend met SWAP93 en niet voor de HELP-tabel, omdat de laatste is gebaseerd op de GHG/GLG en daardoor niet subtiel genoeg is, verder is het niet mogelijk de schade uit te splitsen naar weerjaren.

In tabel 1 is aangegeven welke effecten zullen worden berekend en geëvalueerd voor natuur en landbouw evenals de modellen waarmee deze effecten worden doorgerekend.

Tabel 1 Beschouwde aspecten en gebruikte modellen

Belang:	Natuur	Landbouw
Aspect:	grondwaterstand (F/S) capillaire opstijging (S) herkomst water (F)	draagkracht (S) start grasgroei (S) rel. verdamping (S)

(S) = SWAP93

(F) = FLONET

1.4 Leeswijzer

In hoofdstuk 2 zal allereerst een beknopte beschrijving gegeven worden van de geohydrologische opbouw van 'De Wildenborch' en zijn omgeving op basis van een aantal boringen en bestaande literatuurgegevens. Vervolgens zal in hoofdstuk 3 dieper ingegaan worden op het gebruikte modelinstrumentarium en de voor deze situatie benodigde invoer. In hoofdstuk 4 worden de resultaten besproken van de FLONET- en de SWAP93-berekeningen voor 3 representatieve jaren, 8 locaties en de 6 scenario's. In hoofdstuk 5 wordt ingegaan op de uitkomsten van de berekeningen

voor het definitieve scenario voor de periode 1959-1988. In hoofdstuk 6 wordt ingegaan op de betrouwbaarheid en de gevoeligheid van de uitgevoerde modelberekeningen. In hoofdstuk 7 tenslotte zijn de conclusies van het onderzoek samengevat.

2 Geohydrologische beschrijving van 'De Wildenborch' en zijn omgeving

2.1 Geohydrologische opbouw

Voor de geologische opbouw van de ondergrond is onder meer gebruik gemaakt van Boring 34C-76. De gegevens hiervoor zijn ontleend aan RGD (1991). De locatie van boring 34C-76, is coördinaten 224.200-458.980 (ongeveer 1100 m. ten zuidoosten van het landgoed, het maaiveld ligt ter plaatse op 13.20 m + NAP. In tabel 2 zijn de aangetroffen geologische formaties weergegeven.

Tabel 2 Aangetroffen geologische formaties bij boring 34C-76

Diepte m.-mv.	M63	Formatie
0- 2	170	Twente
2-24	420- 450	Kreftenheye
24-49	350-1000	Scheemda/Oosterhout (gestuwd)
49-97	150-1000	Oosterhout
>97	200- 250	Breda

(M63 mediaan zandfractie in μm)

De Formatie van Breda is als geohydrologische basis te beschouwen, de top van deze Formatie bestaat uit leemafzettingen. Tussen 24-49 m - mv. komt gestuwd materiaal voor. Aan de basis van de gestuwde afzettingen wordt een ca 1 m dikke leemlaag aangetroffen. In boring 34C-78, ca 4 km oostelijker gelegen, komen geen gestuwde afzettingen in de ondergrond voor, op deze diepte liggen zandafzettingen behorende tot de Formatie van Drente met een M63 cijfer van 350-450. In deze boring is tot 73 m - mv. geen leem/klei-laag aangetroffen, meer in westelijke richting komen in de Formatie van Drente leem/kleilagen en fijnzandige lagen voor, en liggen de slecht doorlatende lagen van de Formatie van Drente direct op leemlagen van de Formatie van Oosterhout, de geohydrologische basis ligt hier op ca 53 m - mv.

Boven de gestuwde afzettingen liggen zanden met een M63 cijfer van 210-1000 behorende tot de Formatie van Kreftenheye. Deze afzettingen worden bedekt met fijnzandige afzettingen (M63-cijfer van 170) behorende tot de Formatie van Twente. Engelen (1993) geeft in zijn voorstelling van de geohydrologische opbouw van dit gebied aan dat boring 34C-76 op de rand van een vergraven stuwwal ligt. Ten westen van de stuwwal ligt een geulopvulling met grofzandig materiaal die insnijdt tot in het tertiair. Verder onderscheidt Engelen zowel onder als boven de stuwwal een watervoerend pakket. Hij stelt verder dat de vergraven stuwwal de afvoer uit het centrale bekken (ten oosten stuwwal) belemmert. De grondwaterverhangen zijn gering, vervolgens neemt de grondwatergradiënt toe in het traject dwars over de begraven stuwwal, om in de richting van de IJssel weer af te vlakken.

Deze voorstelling houdt in dat 'De Wildenborch' op de rand van de begraven stuwwal is gelegen. Tijdens de boringen ten behoeve van het ecohydrologisch onderzoek zijn ondiep (tot 20 m - mv.) geen gestuwde lagen aangetroffen. In verband met de onduidelijkheid over de ligging van de vergraven stuwwal en alsmede het effect op de grondwaterstroming is uitgegaan van beschikbaar kaartmateriaal (Smoor, 1972 en Grootjans, 1984).

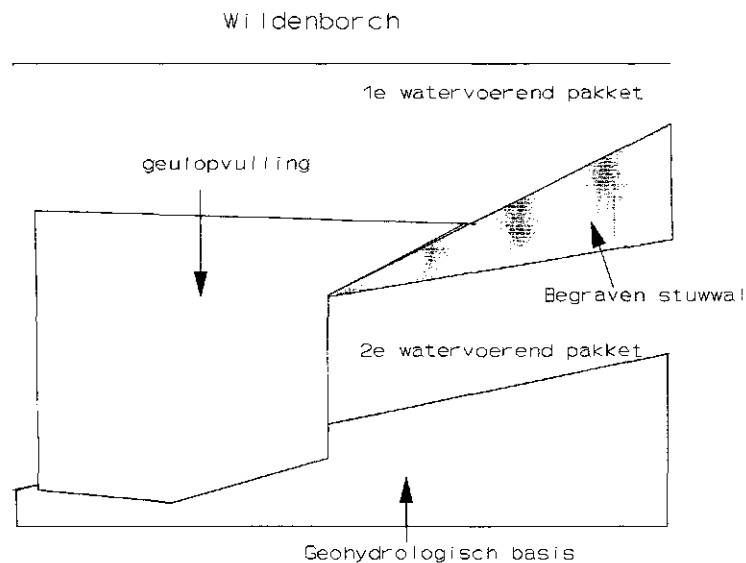


Fig. 1 Geologisch schema van 'De Wildenborch' en omgeving (naar Engelen, 1993)

Als uitgangspunt voor de schematisering is boring 34C-76 gebruikt, waarbij voor de dikte van de "deklaag" gebruik is gemaakt van de boringen die ten behoeve van het ecohydrologisch onderzoek zijn uitgevoerd.

De kaarten van het grondwaterkwantiteitsplan (Grootjans, 1984) geven voor de basis van het watervoerende pakket ten zuiden van 'De Wildenborch' 28 m - NAP (ca 40 m - mv.) en ten noorden van Vorden 34 m - NAP (Boring 77, ca 46 m - mv.). Voor boring 76 ligt de top van het gestuwde materiaal op 24 m - mv. Dit is aanmerkelijk ondieper dan uit de andere gegevens volgt. De grondwaterkaart (Smoor, 1972) geeft een dikte van het watervoerend pakket van 30 m. Voor de modellering is vooralsnog uitgegaan van een watervoerend pakket waarvan de dikte toeneemt in westelijke richting van 29 naar 38 m.

Volgens de grondwaterkaart (Smoor, 1972) loopt de contourlijn van de kD -waarde van 2000 m^2/d door 'De Wildenborch'. De 3000 m^2/d lijn ligt eveneens op korte afstand.

De kaarten t.b.v. grondwaterkwantiteitsplan (Grootjans, 1984) geven een kD -waarde uit een pompproef van 2540 m^2/d voor een locatie ten noordwesten van 'De Wildenborch' terwijl de isolijn voor 3000 m^2/d iets ten zuiden van 'De Wildenborch' ligt.

Op basis van deze gegevens is een gemiddelde kD -waarde aangehouden van 2500 m^2/d , ter plaatse van 'De Wildenborch', bij een gemiddelde dikte van 35 m, komt dit overeen met een relatief hoge waarde voor de horizontale doorlatendheid (k_h) van 71 m/d.

De mediaan (M63) van het zand uit het watervoerende pakket varieert tussen 420

en 450 µm. Dit wordt gekarakteriseerd als grof zand (fractie van 333-500 µm). Het bijbehorende U-cijfer is 25.

Door Ernst (Cultuurtechnisch Vademecum, 1988) is een relatie gegeven tussen de doorlatendheid en het U-cijfer.

$$k_h = 54000 \cdot U^{-2} \cdot C_{so} \cdot C_{sl} \cdot C_{gr}$$

waarin:

k_h = de horizontale doorlatendheid (m.d⁻¹)

C_{so} = correctiefactor voor sortering (-)

C_{sl} = correctiefactor voor slibgehalte (-)

C_{gr} = correctiefactor voor grindgehalte (-)

Voor het geval dat de correctiefactoren gelijk aan 1 gesteld worden, wordt een k-waarde berekend van 86 m/d. Op basis van deze overweging lijkt een k-waarde van ca 75 m/d toepasbaar. Dit betreft de horizontale doorlatendheid. Afhankelijk van de dikte van het watervoerend pakket neemt het doorlaatvermogen in westelijke richting toe.

2.2 Grondwaterstroming

De stromingsrichting van het grondwater is in west-noordwestelijke richting ca 22,5 graden tov de oost-west-lijn.

Uit kaarten ten behoeve van het grondwaterkwantiteitsplan (Grootjans, 1984) zijn enkele grondwatergradiënten en -fluxen afgeleid (zie tabel 3).

Tabel 3 Gradiënt (m/m) en grondwaterflux (m²/d) in de stromingsrichting van het grondwater in de omgeving van 'De Wildenborch', voor 3 data (bron: Grootjans, 1984)

Datum	Gradiënt	Flux (kD=2500m ² /d)
28-04-1967	6,66*10 ⁻⁴	1,67
28-04-1975	3,13*10 ⁻⁴	0,78
14-10-1976	4,76*10 ⁻⁴	1,19

De data in tabel 3 vertegenwoordigen resp. de hoogste, gemiddelde en laagste grondwaterstand.

De isohypsen bij de ecohydrologische systeemanalyse (Jansen et al., 1994) leveren ter plaatse van 'De Wildenborch' het beeld op voor het diepe grondwater, zoals in tabel 4.

Tabel 4 Gradiënt (m/m) en grondwaterflux (m²/d) in de stromingsrichting van het grondwater in de omgeving van 'De Wildenborch', voor 2 data (bron: Jansen et al., 1994)

Datum	Gradiënt	Flux(kD=2500m ² /d)
28-04-1993	3,43*10 ⁻⁴	0,86
14-06-1993	3,52*10 ⁻⁴	0,88

Deze waarden komen goed overeen met de gemiddelde situatie zoals afgeleid in 1975 (Grootjans, 1984). De stromingsrichting is eveneens overwegend west-noordwestelijk gericht. Uit het isohypsen beeld is een afnemende gradiënt in de grondwaterstroming te constateren. Voor 14 juli is de instroming $1,0 \text{ m}^2/\text{d}$ en de uitstroming $0,71 \text{ m}^2/\text{d}$, voor het beschouwde traject (1800 m.) is het verschil $0,29 \text{ m}^2/\text{d}$. Dat betekent dat ingeval de kD-constant is, er een gemiddelde kwel optreedt van $0,16 \text{ mm/d}$.

Voor 28 april 1993 levert een zelfde globale berekening een instroming van $1,41 \text{ m}^2/\text{d}$ en een uitstroming van $0,5 \text{ m}^2/\text{d}$, de bijbehorende kwel is $0,52 \text{ mm/d}$. Echter op basis van de voorstelling van Engelen kan eveneens een toename van het doorlaatvermogen in westelijke richting de afname in de gradiënt verklaren.

Voor de freatische grondwaterspiegel geeft het isohypsenbeeld ter plaatse van 'De Wildenborch' een complexer beeld. Ter plaatse van 'De Wildenborch' is het drukverschil tussen de stijghoogte in het watervoerend pakket en de freatische grondwaterspiegel gering, zoals uit tabel 5 blijkt (voor locaties zie Aanhangsel 1).

Tabel 5 *Gemeten verschil tussen stijghoogte in het 1^e watervoerende pakket en de freatische grondwaterstand voor 2 data in 1993 ter plaatse van 'De Wildenborch'*

Locatie	Datum:	
	28-04-1993	14-07-1993
P2-S50	11,57-11,60	11,04-11,19
P3-S33	11,53-11,63	11,10- -
P4-S27	11,43-11,42	11,01-10,95
P5-S9	11,90-11,90	11,48-11,48
P6-S7	11,15-11,17	10,68-10,68

Op basis van deze gegevens blijkt dat op het landgoed ter plaatse van P4 een kwelsituatie wordt aangetroffen en ter plaaste van P2 en P3 een infiltratiesituatie. De gemeten drukverschillen zijn met uitzondering van P2 gering, dit betekent tevens dat nauwelijks sprake is van verticale weerstand in de fijnzandige afzettingen aan de top.

De richting van de grondwaterstroming bepaalt de ligging van de raaien waarvoor berekeningen met het model FLONET zijn uitgevoerd en wel zodanig dat er geen water zijdelings het 'model' in/uitstroomt. Verder is bij de keuze van de raaien rekening gehouden met de ligging van peilbuizen alsmede de ligging van de gebieden die uit het oogpunt van de landbouw en de ecohydrologie interessant zijn, de keuze heeft verder plaatsgevonden in overleg met de begeleidingscommissie. De locaties van de doorgerkende raaien is te vinden in Aanhangsel 1.

3 Modelschematisatie

3.1 FLONET

FLONET is een stationair twee-dimensionaal verzadigd grondwaterstromingsmodel waarmee in een dwarsdoorsnede de grondwaterstroming kan worden berekend. De invoergegevens kunnen worden gesplitst in vier groepen:

- 1) discretisatie doorsnede in elementen;
- 2) geohydrologische schematisatie en eigenschappen;
- 3) eigenschappen ontwateringssysteem;
- 4) randvoorwaarden.

3.1.1 Discretisatie

De totale lengte van de te modelleren raaien bedraagt 3 km. Voor de verticale discretisatie is uitgegaan van een "bodemkolom" met een breedte van 100 m, waarbij nabij de waterlopen het netwerk is verdicht. Voor de horizontale discretisatie zijn laagjes onderscheiden variërend van 3 tot 0,2 m. De laagjes van 0,2 m. zijn toegepast voor het afdekkend pakket terwijl voor het onderliggende watervoerende pakket een grotere laagdikte is gebruikt. Het slootprofiel is als rechthoekig gemodelleerd.

3.1.2 Geohydrologische schematisatie

Op basis van de verzamelde geohydrologische gegevens is een kD -waarde voor het watervoerende pakket van $2500 \text{ m}^2/\text{d}$ gebruikt ter plaatse van 'De Wildenborch', de geohydrologische basis is gelegd ongeveer ter plaatse van de top van de vergraven stuwwal. Voor de horizontale doorlatendheid (k_h) is een waarde van 75 m/d geschat (zie hoofdstuk 2). Verder is aangenomen dat de dikte van het watervoerend pakket toeneemt in westelijke richting (8m).

Voor de deklaag wordt in boring 34C-76 een M -cijfer gegeven van 170. Ernst (1978) gebruikt voor de Achterhoek als k_h -waarde voor het dekzand $1,5 \text{ m/d}$ (ontleend aan veldmetingen) en voor het watervoerend pakket 70 m/d . De Vries (1974) geeft een waarde van 2 m/d voor de horizontale doorlatendheid van Pleistocene gebieden. Op basis van het voorgaande is een waarde van $1,5 \text{ m/d}$ voor de horizontale doorlatendheid van het dekzand gebruikt.

De verticale doorlatendheid kan als gevolg van gelaagdheid een lagere waarde hebben dan de horizontale (anisotropie). Bij de berekeningen is voor verticale doorlatendheid van zowel de deklaag als het watervoerend pakket de helft genomen van de horizontale doorlatendheid. De Vries (1974) vond deze waarde voor dekzand-afzettingen in zuid-oost Nederland.

Op basis van boring 34 C-77 en de voorstelling van Engelen (1993) ontstaat de indruk dat ook dieper gelegen lagen in de omgeving van 'De Wildenborch' watervoerend zijn. In hoeverre de vergraven stuwwal een barrière vormt voor de grondwaterstroming is uit de boorgeschrijvingen niet direct af te leiden.

Deze complexe structuur is moeilijk te modelleren daar de exacte verbreiding alsmede de dikte van de gestuwde lagen in de ondergrond niet bekend is. Dit kan wel een verklaring geven voor de gradiënten die optreden. Voor de modellering wordt er daarom van uitgegaan dat de top van de gestuwde lagen, lokaal als geohydrologische basis is te beschouwen.

3.1.3 Ontwateringssysteem

Voor de verschillende sloten in het gebied is een slootbodempweerstand ingevoerd. In verband met het ontbreken van nadere gegevens is deze voor alle sloten op 2 d. gesteld (Massop et al., i.v.).

Bij de netwerkd discretisatie bleek dat de breedte van de smalst te modelleren kolom (en daarmee de smalst mogelijke sloot) afhankelijk is van de totale breedte van de te modelleren raai. Dit betekent voor de noordraai dat de kleinste te modelleren sloot een breedte heeft van ca 4 m. De werkelijke breedte bedraagt ca 1 m. Dit betekent praktisch dat de radiale weerstand nabij de sloot wordt onderschat. Om deze toch in rekening te brengen, is een extra weerstand rondom de sloot ingevoerd.

De radiale weerstand is volgens Ernst:

$$\gamma_{\text{rad}} = \frac{L}{\pi k_r} \ln \frac{\alpha D}{u}$$

waarbij:

- γ_{rad} = radiale weerstand (d)
- L = de afstand tussen de ontwateringsmiddelen (m)
- k_r = radiale doorlatendheid (= $\sqrt{k_v \cdot k_h}$) (m.d⁻¹)
- D = dikte van de doorstroomde laag (m)
- α = geometriefactor (-)
- u = natte omtrek ontwateringsmiddel (m)

Daar de doorlatendheid van het watervoerend pakket meer dan 20 maal de doorlatendheid van de toplaag bedraagt kan uitgegaan worden van een waarde 4 voor α (Cultuurtechnisch Vademecum, 1988). De dikte D bedraagt ca 3 m.

De radiale weerstand (γ) gedeeld door de slootafstand L is voor verschillende slootbreedten in tabel 6 weergegeven.

Tabel 6 De radiale weerstand volgens Ernst voor een aantal waarden van de natte omtrek, uitgaande van $D=3\text{m}$

u (m)	γ/L d/m
1	0,75
4	0,33

Uit deze tabel blijkt dat de radiale weerstand bij een sloot met een natte omtrek van 4 m 0,33 d/m bedraagt, terwijl voor een sloot met een natte omtrek van 1 m. de weerstand 0,75 d/m is. De weerstand bij een natte omtrek van 4 m wordt in deze opzet door het model in rekening gebracht. Het verschil tussen werkelijke en gesimuleerde radiale weerstand is 0,42 d/m of 1,7 d.(natte omtrek van 4 m). Aangezien de totale drainageweerstand berekend wordt als som van radiale en intree weerstand, kan het verschil tussen werkelijke en gesimuleerde radiale weerstand als een extra slootbodemweerstand opgeteld worden bij de slootbodemweerstand.

3.1.4 Randvoorwaarden

Als randvoorwaarde aan de zijkanten en de boven- en onderkant van het systeem kunnen in FLONET constante waterhoogten of constante fluxen opgegeven worden. Voor sloten die door een raai worden aangesneden, wordt aan de bovenzijde van het model, een peil ingevoerd, mits de waterloop drainerend werkt. Is dit niet het geval, dan valt de sloot dus droog en wordt er geen peil ingevoerd. Hierbij is voor de vijfverpartijen op 'De Wildenborch' een afvoerdrempel aangehouden van 11,59 m + NAP (Waterschap van de Berkel). Aangezien van te voren niet altijd is te voorzien of een waterloop droog valt of niet, is in sommige gevallen iteratief te werk gegaan. Voor de rest van de bovenrand wordt het neerslagoverschot voor de te beschouwen periode ingevoerd in m/d.

Voor de zijranden wordt aangenomen dat de totale instroming gelijk is aan de totale uitstroming. Op basis van de gemaakte isohypsenkaarten wordt geschat dat ca. 0,86 m²/d het gebied doorstroomd.

Voor de overige elementen op de rand wordt een constante flux ingevoerd. Voor de onderrand is de grootte van de flux 0 m/d (hydrologische basis).

3.2 SWAP93

SWAP93 is een niet-stationair één-dimensionaal verticaal waterbalansmodel (van den Broek et al., 1993) Dit model is een verder geëvolueerde versie van het model SWATRE (Feddes et al. 1978). Het model simuleert de onverzadigde grondwaterstroming in een één-dimensionale grondkolom. Naast vochtverdelingen en vochtspanningen, berekent het model in afhankelijkheid van de onderrandvoorwaarde, ook een grondwaterstand.

In overleg met de begeleidingsgroep zijn 8 locaties geselecteerd, gesitueerd op zowel natte als droge locaties om een zo representatief mogelijk beeld te verkrijgen, waarvoor berekeningen worden uitgevoerd (Aanhangsel 1). In de loop van het onderzoek is in overleg met de begeleidingsgroep de ligging van de Noordraai (FLONET) in noordelijke richting opgeschoven, terwijl de ligging van de locaties 1 t/m 5 (SWAP93) is gehandhaafd.

SWAP93 vraagt de volgende hoofdgroepen invoergegevens:

- 1) Meteorologische gegevens;
- 2) Bodemfysische gegevens;
- 3) Onderrandvoorwaarden.

3.2.1 Meteorologische gegevens

In overleg met de begeleidingsgroep, zijn in eerste instantie drie min of meer representatieve weerjaren geselecteerd op basis van het neerslagoverschot over het gehele jaar, nl 1986 (gemiddeld), 1989 (ca 10% droog) en 1993 (zeer nat). Voor de neerslag is gebruik gemaakt van neerslagstation Almen. De neerslagcijfers zijn gecorrigeerd met +5% in verband met de fout in de neerslagmeting van een standaardregenmeter t.g.v. windinvloeden (Warmerdam, 1981). Voor de verdamping is de referentie gewasverdamping gebruikt van vliegveld Twente.

In tweede instantie zijn er tevens berekeningen uitgevoerd voor een langere aaneengesloten weerreeks nl. 1959-1988. Hierbij is gebruik gemaakt van de neerslag- en de verdampingsgegevens van Vliegveld Twente, aangezien voor het neerslagstation Almen geen langere digitale neerslagreeks voorhanden was. Ook hierbij is de neerslaghoeveelheid gecorrigeerd voor de windfout. Bij deze laatste rekensessie is meer in detail gekeken naar een aantal representatieve jaren op basis van het neerslagoverschot, oplopend van droog naar nat zijn dit: 1964, 1971, 1969, 1981 en 1970.

In figuur 2 zijn deze jaren uitgezet op de grafiek voor de overschrijdingskansen van het neerslagoverschot (x% droog jaar) voor vliegveld Twente 1959-1988, voor het voorjaar, het groeiseizoen en het gehele jaar.

3.2.2 Bodemfysische gegevens

SWAP93 vraagt voor de verschillende onderscheiden bodemlagen de waterretentie- of pF-curve en de doorlatenheidskarakteristiek in de vorm van het verband tussen de doorlatendheid en de zuigspanning als invoer.

Voor het bepalen van de bodemfysische gegevens is uitgegaan van de bodemkaart 1:50 000 (Stiboka, 1979) en de ecohydrologische systeembeschrijving (Jansen et al., 1994). Voor de voorkomende kaartenheden zijn vervolgens met behulp van De Vries (1991) de bijbehorende bodemfysische eenheden uit de Staringreeks (Wösten et al., 1987) vastgesteld. Tevens zijn hieruit de verschillende laagdikten overgenomen. Van de Staringreeks-eenheden zijn tenslotte de pF- en k(h)-relatie ingevoerd per laag.

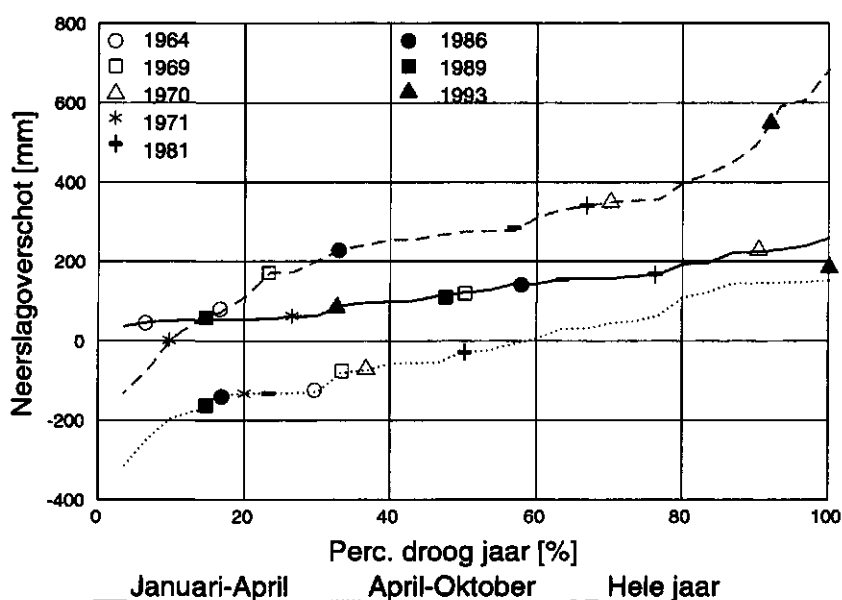


Fig. 2 Overschrijdingskans voor het neerslagoverschot voor het voorjaar, het groeiseizoen en het gehele jaar voor de periode 1958-1988 voor vliegveld Twente, met daarin de in detail beschouwde jaren

In tabel 7 zijn de schematiseringen van de bodemprofielen op de 8 uitgekozen locaties (zie Aanhangsel 1) in de vorm van Staringreeks-bouwstenen weergegeven. Tevens wordt in tabel 7 een inschatting gegeven van de kritische drukhoogte waarop de grond niet meer bewerkbaar is, afgeleid uit Peerboom (1990) en Beuving (mondelinge mededeling).

3.2.3 Onderrandvoorwaarde

De koppeling tussen het regionale grondwatersysteem en de ontwateringssituatie (FLONET) en de lokale situatie (SWAP93) wordt in dit geval gedefinieerd door het verband tussen de afvoer en de grondwaterstand, de zgn. $q(h^*)$ -relatie. Deze relatie wordt als output van het model FLONET gegenereerd en als input voor SWAP93 gebruikt.

Aangezien de scenario's allemaal betrekking hebben op ingrepen in de drainagebasis, is de $q(h^*)$ -relatie de parameter waarmee ingrepen in het systeem worden opgelegd; een andere ontwateringssituatie komt altijd tot uitdrukking in een andere $q(h^*)$ -relatie of in het geval van wisselend peilbeheer, in het vroeger of later in werking treden van een bepaalde $q(h^*)$ -relatie.

De $q(h^*)$ -relaties worden geconstrueerd door aan het model FLONET steeds een andere bovenrandflux op te leggen. Deze flux veroorzaakt in het gemodelleerde regionale systeem een reactie van de grondwaterpotentiaal teneinde het water af te voeren, die verschillend is al naar gelang de geohydrologische situatie ter plekke.

Tabel 7 Bodemopbouw in Staringreeks-bouwstenen en kritische drukhoogten (bodemlaag 0-5 cm) voor de 8 gesimuleerde locaties

Locatie	Dikte (m-mv.)	Bodemfys. eenheid	Kritische Drukhoogte bodemlaag 0-5 cm	Legenda-eenheid Bodemkaart
1	0- 25	B 18	78	vWz
	25- 40	O 3		
	40-150	O 2		
2	0- 25	B 18	78	vWz
	25- 40	O 3		
	40-150	O 2		
3	0- 20	B 3	33	Hn23
	20- 50	O 3		
	50-150	O 2		
4	0- 15	B 8	70	fkpZg23
	15- 30	O 9		
	30- 45	O 3		
	45- 80	O 2		
	80-150	O 1	33	pZg23
5	0- 25	B 3	33	pZn23
	25- 40	O 3		
	40-150	O 2		
6	0- 30	B 3	33	pZn23
	30- 40	O 3		
	40-150	O 2		
7	0- 25	B 16	60	vWp
	25- 40	B 1		
	40-150	O 1		
8	0- 20	B 3	33	Hn23
	20- 50	O 3		
	50-150	O 2		

Aangezien het model uitgaat van stationaire situaties (totale instroom=totale uitstroom) zonder verandering van de berging, en omdat de opgelegde fluxen aan de zijkanen van het systeem gelijk blijven, zal een hogere bovenrandflux tot uitdrukking komen in een hogere afvoer door de ontwateringsmiddelen. Indien andere oppervlaktewaterpeilen gehanteerd worden, zal dit resulteren in een andere reactie van het grondwater op een opgelegde flux. Het is niet mogelijk om situatie's met een neerslagtekort te simuleren, aangezien er geen water het model in kan komen anders dan via de opgelegde randvoorwaarden, wateraanvoer is niet aanwezig.

De $q(h^*)$ -relatie voor een locatie wordt samengesteld uit de totale flux die aan de regionale stroming of aan de stroming naar ontwateringsmiddelen deelneemt ic. de bovenrandflux, en de grondwaterstand ter plekke.

De aldus aan SWAP93 opgelegde relatie, zorgt ervoor dat in SWAP93 bij een bepaalde optredende grondwaterstand een afvoer optreedt specifiek voor die locatie voor die specifieke ontwateringssituatie, die vervolgens weer de volgende optredende grondwaterstand beïnvloedt etc. De afvoer die in dit geval berekend wordt is de totale afvoer vanuit het grondwater, dus zowel afvoer naar grote en kleine ontwateringsmiddelen als 'afvoer' naar het regionale systeem, ofwel de wegzijging/kwel.

Bij het simuleren van een dynamisch peilbeheer in SWAP93, kan op deze wijze voor ieder in te stellen open-waterpeil een $q(h^*)$ -relatie worden gedefinieerd; bij ieder nieuw ingesteld peil treedt dan een andere relatie in werking.

De relaties zijn samengesteld door een aantal combinaties van q en h^* uit FLONET tegen elkaar uit te zetten en vervolgens een lijn te fitten volgen de relatie

$$q = a \cdot e^{b \cdot h^*}$$

waarin:

q = totale flux vanuit het grondwater ($m^1 \cdot d^{-1}$)

h^* = grondwaterstand (m)

a = constante ($m^1 \cdot d^{-1}$)

b = constante (m^{-1})

3.3 Nabewerking resultaten

Voor het bepalen van de effecten op de natuur en de landbouw wordt een aantal gegevens ontleend aan de berekeningen met SWAP93.

3.3.1 Draagkracht

Voor het bepalen van het aantal niet-werkbare dagen voor de landbouw, is de drukhoogte in het traject van 0-5 cm - mv. sterk bepalend, verder is de mate van verdichting en humusgehalte bij zand en organisch stofgehalte bij kleig/zandig veen van grote invloed (Beuving, mondelinge mededeling). De drukhoogte volgt direct uit de berekeningen met SWAP93. De relaties tussen draagkracht (uitgedrukt in indringingsweerstand) en drukhoogte zijn ontleend aan Peerboom (1990) en Beuving (mondelinge mededeling). In het algemeen is bij indringingsweerstand (I_w) van $<0,5$ MPa de draagkracht onvoldoende en bij $I_w > 0,7$ MPa goed. Voor grasland wordt als norm I_w -waarde 0,6 MPa (Schothorst, 1965, Cultuurtechnische vereniging, 1988) aangehouden. Er wordt dus vanuit gegaan dat bij een draagkracht van 0,6 MPa het veld niet meer betreedbaar of berijdbaar is. De verschillende scenario's worden vergeleken door het aantal dagen na 1 februari (wanneer betreedbaarheid van belang is voor bewerking) gedurende het voorjaar te bepalen, waarop de draagkracht kleiner is dan 0,6 MPa.

Onder natte omstandigheden is grasland op kleigrond gevoelig, voor verkneding en versmering van de zode. Verkneding en verdichting gaan gepaard met structuurbederf. In de daaropvolgende droge periode droogt de grond hard op en verloopt de hergroei traag. Algemeen zijn kleigronden minder gevoelig voor vertrapping en insporing dan venige gronden, o.a. door sneller opdrogen na natte periode. De nadelige gevolgen van beschadigde kleizodelaag zijn echter van langduriger aard dan bij venige gronden en niet eenvoudig exact te bepalen. In tabel 7 worden de gehanteerde drukhoogten

waarop de indringingsweerstand kleiner is dan 0,6 MPa, per bodemsoort gegeven, ontleend aan Peerboom (1990) en Beuving (mondelinge mededeling).

3.3.2 Start van de grasgroei

Om het effect van de grondwaterstand op de aanvang van het groeiseizoen te bepalen is de volgende procedure gevolgd. De grasgroei start in het voorjaar bij het bereiken van een temperatuursom van 200 zgn. graaddagen (Peerboom, 1990). Voor het bepalen van het aantal graaddagen wordt de gemiddelde temperatuur vanaf 1 januari (mits groter 0° C) opgeteld. Door vochtige omstandigheden wordt het benodigd aantal graaddagen voor de start van de groei groter. Dit effect wordt in rekening gebracht door de gemiddelde temperatuur te corrigeren met de empirische functie (ICW, 1981):

$$t_r = 2 \cdot e^{-0,0154 \cdot h}$$

hierin is:

h = de grondwaterstand (cm - mv.)

t_r = reductie van de gemiddelde dagtemperatuur (°C)

De daarvoor benodigde grondwaterstand is ontleend aan de berekeningen met SWAP93.

3.3.3 Directe productieverliezen

Voor de landbouw kunnen nattere omstandigheden in het voorjaar/zomer leiden tot opbrengstderving door wateroverlast vanwege verminderde aeratie van de wortelzone, maar tevens tot meeropbrengst in de zomer door toename van de beschikbare hoeveelheid vocht voor de verdamping. Aangezien de mate van reductie van de gewasverdamping bijna lineair van invloed is op de reductie in gewasproductie, is de relatieve transpiratie (Tr_{act}/Tr_{pot}) een goede maat voor de actuele gewasproductie. Om de verdampingsreductie te kunnen bepalen, moet een wortelonttrekkingsfunctie gedefinieerd worden, waarmee wordt aangegeven bij welke drukhoogten en op welke manier de verdamping gereduceerd wordt. Voor de berekeningen met SWAP93 zijn de waarden voor de wortelopnamefunctie gebruikt zoals weergegeven in tabel 8 (Wesseling, 1991).

3.3.4 Watervoorziening natuur

Voor de natuur is een optimale watervoorziening van belang. Uit Provincie Gelderland (1993) blijkt dat voor de meeste gronden uit de omgeving van 'De Wildenborch' de capillaire opstijging nog maximaal is bij een grondwaterniveau boven 80 cm - mv., alleen voor rivierkleigrond is er een behoorlijke reductie.

Tabel 8 Wortelonttrekkingsfuncties zoals ingevoerd voor grasland

Punt	Waarde	Verklaring
h1	-10 cm	drukhoogte waaronder de wortels beginnen water aan de bodem te onttrekken (startpunt)
h2	-25 cm	drukhoogte waaronder de optimale vochtonttrekking begint
h3h	-200 cm	drukhoogte waaronder de wortels niet meer optimaal water aan de bodem kunnen onttrekken bij een potentiële gewasverdamping van 5 mm/d
h3l	-800 cm	drukhoogte waaronder de wortels niet meer optimaal water aan de bodem kunnen onttrekken bij een potentiële gewasverdamping van 1 mm/d
h4	-8000 cm	drukhoogte waaronder de wortels helemaal geen water meer aan de bodem kunnen onttrekken (verwelkingspunt)

Het moment waarop de actuele verdamping kleiner wordt dan de potentiële verdamping is voor de meeste bodemtypen met uitzondering van rivierkleigrond (nl 90 cm - mv.) 120 cm - mv. Om de verschillende alternatieven te vergelijken is het aantal dagen bepaald dat de grondwaterstand het niveau van 80 cm - mv. 'onderschrijdt'.

4 Modelresultaten basisscenario's

4.1 Identificatie van verschillende maatregelen

Om een goed beeld te krijgen van de invloed van de verschillende waterlopen in de buurt van 'De Wildenborch' op de grondwaterstanden en -stroming op het landgoed, is een aantal stroomlijnberekeningen uitgevoerd met FLONET.

Er zijn voor twee raaien (Aanhangsel 1) berekeningen uitgevoerd. Bij deze berekeningen zijn alleen de peilen gevarieerd terwijl de overige parameters en opgelegde fluxen gelijk zijn gehouden. De mate van de peilverhogingen is in overleg met het waterschap bepaald en is enerzijds gebaseerd op de geformuleerde natuurdoelstellingen en anderzijds op de technische en landbouwkundige randvoorwaarden aangereikt door het waterschap.

4.1.1 Noordraai

Voor de Noordraai zijn berekeningen uitgevoerd voor verschillende combinaties van peilverhoging in de volgende waterlopen: Afwatering van het Kranengoor, Afwatering van Groenouwe en de Waterleiding in Barchem.

In de huidige situatie zonder peilverhoging (Aanhangsel 2.1) zal een deel van het water uit het gebied tussen de Waterleiding in Barchem (peil 11.35 m + NAP) en 'De Wildenborch' naar de Waterleiding van Barchem stromen. Verder zullen de Afwateringen van het Kranengoor en van Groenouwe (peil 11.30 m + NAP) sterk drainerend werken op 'De Wildenborch'. In 'De Wildenborch' ligt de afvoerdrempel op ca 11.59 m + NAP.

Het opzetten van de Waterleiding in Barchem met 25 cm (Aanhangsel 2.2) heeft tot gevolg dat de gronden ten westen van de Waterleiding in Barchem in westelijke richting afwateren, waardoor de drainerende werking van Waterleiding in Barchem wordt verminderd.

Het opzetten van de Waterleiding in Barchem (25 cm) en de Afwatering van Groenouwe (20 cm) (Aanhangsel 2.3) heeft tot gevolg dat de drainerende functie van de Afwatering van Groenouwe vermindert en voor de Afwatering van het Kranengoor neemt deze functie toe. Dit heeft tot gevolg dat de stroomlijnen van het geïnfiltreerde water uit het midden van de strook tussen de Waterleiding in Barchem en 'De Wildenborch' dichter onder het landgoed komen te liggen.

Door bovendien de Afwatering van het Kranengoor (Aanhangsel 2.4) op te zetten (20 cm) zal de drainerende functie hiervan ook afnemen. Er blijkt nu zelfs dat twee stroomlijnen in de waterlopen op 'De Wildenborch' uitmonden. Als gevolg van het opzetten van de Afwateringen van het Kranengoor en van Groenouwe neemt de drainerende werking van de drainagemiddelen op 'De Wildenborch' dus toe.

Uit bovenstaande beschouwing blijkt dat voor de Noordraai het opzetten van de Waterleiding in Barchem en de Afwatering van Groenouwe ertoe leidt dat stroomlijnen met ouder infiltratiewater dicht onder 'De Wildenborch' komen te liggen (zie natuurdoelstelling). Om dit water ten goede te laten komen aan vegetaties binnen het landgoed 'De Wildenborch' is de drainagedrempel van 'De Wildenborch' in relatie tot het peil in de Afwatering van het Kranengoor van groot belang.

Op basis van deze overwegingen is een volgorde aan te geven van maatregelen naar mate van effect op de situatie bij 'De Wildenborch':

- 1) Peilverhoging van Afwatering van Groenouwe;
- 2) Peilverhoging Waterleiding in Barchem;
- 3) Peilverhoging Afwatering van het Kranengoor eventueel in combinatie met maatregelen op 'De Wildenborch'.

In tabel 9 is een vergelijking gegeven van drainage door de waterlopen en de opbolling in de huidige situatie en de situatie met verhoogde peilen (Afwateringen van het Kranengoor en van Groenouwe +0,20 m en Waterleiding in Barchem +0,45 m).

Tabel 9 *Drainage van de ontwateringsmiddelen in de Noordraai voor de huidige situatie en de situatie met verhoogde peilen in 3 waterlopen volgens FLONET-berekening*

Locatie	Huidige situatie			Verhoogde peilen		
	Drain. m ² /d	Peil m + NAP	Δh m	Drain. m ² /d	Peil m + NAP	Δh m
Brede Graven	0,1747	11,35	0,125	0,2315	11,35	0,16
Kranengoor	0,4678	11,30	0,34	0,2656	11,50	0,18
Wildenborch 1	-	-	-	0,0965	11,65	0,05
Wildenborch 2	0,0023	11,65	0,01	0,1145	11,65	0,05
Wildenborch 3	0,0161	11,65	0,02	0,1353	11,65	0,07
Wildenborch 4	0,0667	11,65	0,03	0,2600	11,65	0,09
Groenouwe	0,5521	11,30	0,39	0,3812	11,50	0,28
Barchem	1,0028	11,35	0,44	0,3095	11,80	0,13
A	0,2054	11,75	0,12	0,3957	11,75	0,20
B	-	-	-	0,0560	11,95	0,03
C	-	-	-	0,1008	11,95	0,05
D	0,7230	11,65	0,32	0,8547	11,65	0,35
Totaal	3,21	-	-	3,20	-	-

(Δh grondwaterstand in m+ peil waterloop op enige afstand van deze waterloop)

Uit tabel 9 blijkt dat als gevolg van de peilverhoging meer waterlopen drainerend gaan werken. Bovendien neemt de drainerende functie van de waterlopen waarvoor het peil verhoogd is af, hierdoor zal de peilverhoging niet volledig in de grondwaterstand doorwerken, maar worden afgevlakt. Voor Afwatering van Groenouwe is het peil in de huidige situatie 11,30 m + NAP, de opbolling op enige afstand als gevolg van de drainerende werking is ca 40 cm (Δh). Als gevolg van peilverhoging van 20 cm neemt de drainerende werking af met 31%, dit komt overeen met ca 12 cm, zodat het effect op de grondwaterstand slechts 8 cm bedraagt.

In Aanhangsel 2.5 staat het grondwaterstandsverloop in de huidige en toekomstige situatie voor de Noordraai weergegeven. Voor de toekomstige situatie zijn alle genoemde peilverhogingen ingevoerd.

De maaiveldhoogten in het zuidoostelijk deel van 'De Wildenborch' variëren van 12.10 tot 12.50 m + NAP en in het oostelijk direct aan 'De Wildenborch' grenzende weidegebied variëren de maaiveldhoogten van 12.00 tot 12.10 m + NAP. De berekende grondwaterstanden in de Noordraai bij een neerslagoverschot van 1 mm/d en peilverhogingen in De Waterleiding in Barchem van 45 cm en de Afwateringen van het Kranengoor en van Groenouwe van 20 cm bedragen binnen 'De Wildenborch' 11.70 m + NAP aan de westzijde en 11.76 m aan de oostzijde. In het aangrenzende landbouwgebied bedragen deze 11.80 tot 11.85 m + NAP (ca 150 m oostelijk van 'De Wildenborch'). *Voor het berekenen van de effecten in de tijd voor landbouw en natuur op een aantal locaties in en rondom 'De Wildenborch' is gerekend met peilverhogingen voor de Waterleiding in Barchem van 45 cm en voor de Afwateringen van Groenouwe en van het Kranengoor van 20 cm.* Deze verhogingen zijn op basis van de modelberekeningen en in overleg met het waterschap vastgesteld. In Aanhangsel 2.6 staan de bijbehorende stroomlijnen weergegeven.

4.1.2 Zuidraai

De Zuidraai snijdt de Waterleiding in Barchem niet aan. In 'De Wildenborch' snijdt deze raai slechts één sloot aan. Voor de berekening zonder peilverhoging (Aanhangsel 3.1) gaat geen enkele stroomlijn naar deze sloot, wel ontvangen de Afwateringen van het Kranengoor en van Groenouwe voor een deel water dat een hoge ouderdom heeft. Het opzetten van de Afwatering van Groenouwe heeft tot gevolg dat er ook een stroomlijn in de sloot op 'De Wildenborch' uitmondt (Aanhangsel 3.2 en 3.3). De mogelijkheid is geopperd om ook het peil in de bovenloop van de Afwatering van Groenouwe te verhogen. Dit zal als gevolg hebben dat er meer relatief oud water wordt afgevangen door Afwatering van Groenouwe en mogelijk ook door waterlopen op 'De Wildenborch'.

Tabel 10 *Drainage van de ontwateringsmiddelen in de Zuidraai voor de huidige situatie en de situatie met verhoogde peilen in 3 waterlopen volgens FLONET-berekening*

Locatie	Huidige situatie			Verhoogde peilen		
	Drain. m ² /d	Peil m + NAP	Δh m	Drain. m ² /d	Peil m + NAP	Δh m
Brede Graven	0,1814	11,35	0,16	0,2914	11,35	0,25
Kranengoor	0,4601	11,30	0,34	0,3199	11,50	0,24
Wildenborch 5	0,1117	11,65	0,09	0,2326	11,65	0,19
Groenouwe	0,6722	11,30	0,49	0,5338	11,50	0,39
Groenouwe	0,4641	11,70	0,33	0,2770	11,90	0,21
E	-	-	-	0,0576	12,10	0,06
F	0,2253	12,05	0,19	0,2797	12,05	0,22
G	0,1818	12,15	0,13	0,2169	12,15	0,15
H	0,2078	12,15	0,15	0,2395	12,15	0,17
I	0,2406	12,15	0,21	0,2703	12,15	0,22
J	0,2341	12,25	0,20	0,2603	12,25	0,22
Totaal	2,98	-	-	2,98	-	-

(Δh grondwaterstand in m+ peil waterloop op enige afstand van deze waterloop)

In Aanhangsel 3.4 is het verloop van de grondwaterstand in de huidige situatie alsmede bij peilverhoging weergegeven. De peilverhogingen bedragen 20 cm voor de Afwateringen van Groenouwe en het Kranengoor evenals de bovenloop van de Afwatering van Groenouwe. Het bijbehorende stroomlijnenpatroon staan weergegeven in Aanhangsel 3.5.

Het verhogen van het peil in de bovenloop van de Afwatering van Groenouwe is op basis van deze beschouwing als een vierde waterhuishoudkundige maatregel in overweging te nemen.

4.2 Berekening grondwaterstandsverloop voor verschillende scenario's

Uitgaande van de verhogingen van de openwaterpeilen zoals die in §4.1 zijn onderzocht, is een aantal scenario's geformuleerd. Deze scenario's hebben betrekking op de periode gedurende het jaar waarin peilverhogingen worden gerealiseerd. Deze peilverhogingen worden beschouwd als streefpeilverhogingen, d.w.z. dat stuwen geplaatst worden om het open-waterpeil zo lang mogelijk op het nagestreefde peil te handhaven; er wordt geen gebiedsvreemd water aangevoerd.

In de omgeving van 'De Wildenborch', zullen de waterlopen na het voorjaar, als het neerslagoverschot negatief is, nogal eens droog vallen, welk peilbeheer er dan ook gevoerd wordt. Dit houdt in dat de effect van de maatregelen uit de FLONET-berekeningen dan alleen optreden tijdens winter en voorjaar en tijdens extreem natte periode gedurende de rest van het jaar. De berekeningen met SWAP93 geven inzicht in de perioden waarin de beoogde effecten wel en wanneer niet optreden.

In tabel 11 zijn de 6 doorgerekende scenario's gegeven.

Tabel 11 *Beschouwde waterconserveringsscenario's met peilverhoging in de Afwatering van Kranengoor (+20 cm) en van Groenouwe (+20 cm) en de Waterleiding in Barchem (+45 cm)*

scenario	omschrijving
1	huidige situatie zonder vorm van conservatief peilbeheer
2	situatie met peil in sloten hele jaar zo hoog mogelijk
3	conservering tot 1 februari
4	conservering tot 1 maart
5	conservering tot 1 april
6	conservering tot 1 april, daarna optimaal peil landbouw

De scenario's verschillen onderling als het ware in de periode dat het effect van conservatief peilbeheer kan optreden. De perioden op zich geven geen informatie of het beoogde effect wel of niet optreedt. Bij voorbaat kan al gezegd worden dat scenario 2 slechts in extreme situaties zal verschillen van scenario 5 (bv. indien de sloten droogvallen). Aangezien in die situaties na 1 april alleen bij hoge neerslaghoeveelheden water te conserveren is.

De 6 scenario's zijn doorgerekend voor de 8 eerder genoemde locaties langs de Zuid- en de Noordraai (zie Aanhangel 1) waarbij voor alle 8 locaties een andere $q(h^*)$ -relatie is gegenereerd voor zowel de hoge als de lage oppervlaktewaterpeilen. De berekeningen zijn uitgevoerd voor 3 min of meer representatieve weerjaren 1986, 1989 en 1993. Deze vertegenwoordigen respectievelijk een gemiddeld, een droog en een extreem nat jaar, beschouwd naar het neerslagoverschot voor het hele kalenderjaar. Als aanlooperperiode tbv een goede beginvoorwaarde voor 't hydrologisch model is steeds 2 maanden extra in de berekening meegenomen.

In figuur 3 is het gesimuleerde verloop van de grondwaterstand voor één van de locaties (locatie 3) weergegeven voor scenario 1 (huidige situatie) en 2 (hele jaar waterconservering), voor de 3 geselecteerde jaren. Het betreft in dit geval een relatief droge situatie.

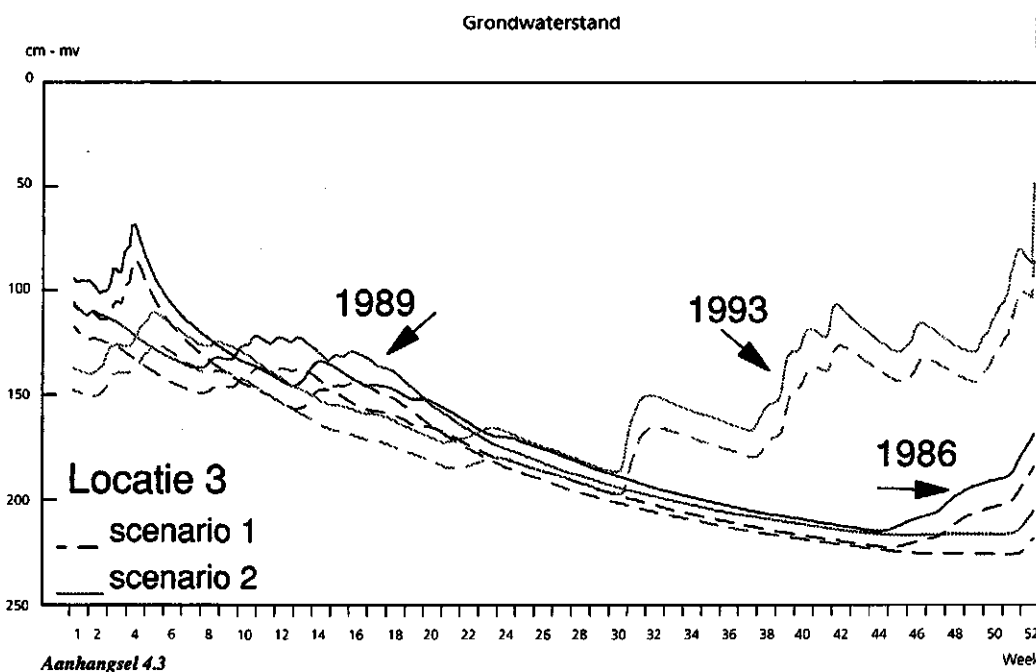


Fig. 3 Gesimuleerd grondwaterstandverloop voor scenario 1 en 2, voor 3 weerjaren op locatie 3

Uit de figuur blijkt dat de effecten van waterconservering in de regel na mei nihil zijn t.g.v. het ontbreken van water in de waterlopen, daarvòór is sprake van enig effect. Vanaf november keert dit effect weer terug. Ook is te zien dat in een extreem natte zomer als 1993, de maatregelen ook enig effect hebben in de zomer, echter zonder het optreden van grondwaterstanden die serieus aanleiding geven tot problemen bij het gebruik van het land.

In figuur 4 is dezelfde presentatie gegeven maar dan voor de veel nattere situatie op locatie 2, nabij het landgoed. Uit figuur blijkt dat bij de nattere situatie in de zomer iets meer effect optreedt (max 5 cm) dan in het voorjaar en de winter (max 10-15 cm). Wel treden in natte perioden, zoals in 1993, serieuze problemen op voor de landbouw, waarbij de grondwaterstand tot aan maaiveld komt. Deze situaties treden

echter ook vaak op bij het huidige peilbeheer, op een tweetal situaties in de zomer van 1993 na.

In aanhangsel 4 staan de verlopen van de grondwaterstanden voor alle 8 locaties gegeven, voor de twee extreme scenario's 1 en 2.

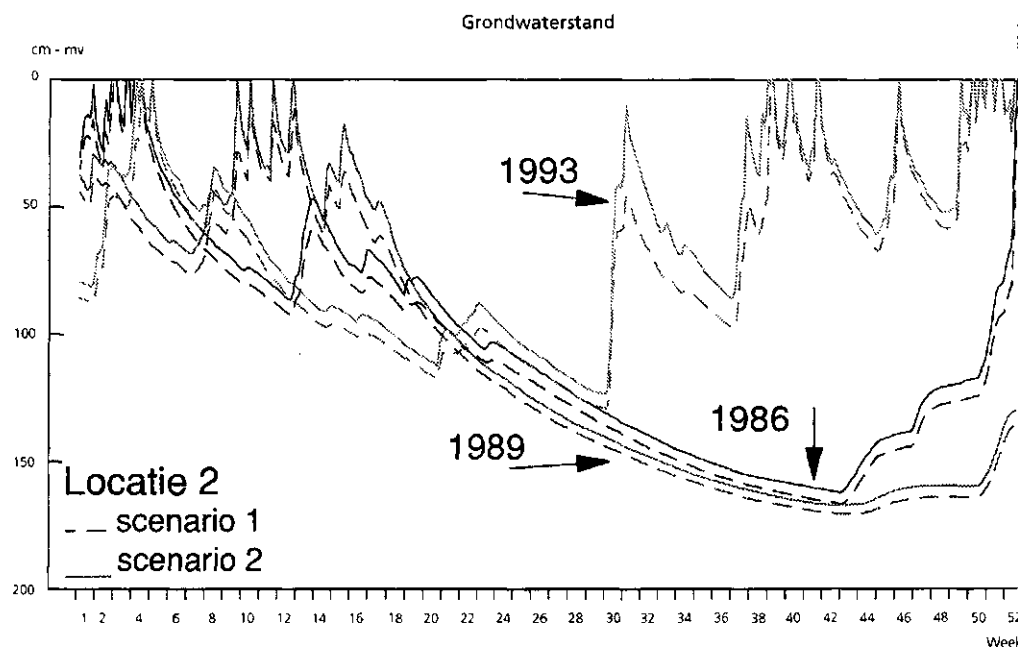


Fig. 4 Gesimuleerd grondwaterstandverloop voor scenario 1 en 2, voor 3 weerjaren op locatie 2

4.3 Effecten voor de landbouw

Als eerste stap voor de effectberekening voor de landbouw zijn de extreme scenario's 1 en 2 doorgerekend. Gezien het geringe verschil tussen de uiterste scenario's 1 en 2 zijn de weergegeven getallen in de volgende tabellen voor de scenario's 3 t/m 6 afgeleid/geïnterpoleerd uit de verkregen resultaten voor scenario 1 en 2.

Voor de landbouw uit zich de verhoging van de grondwaterstand in een afname van de draagkracht, vertraging aanvang groeiseizoen, en opbrengstverandering als gevolg van nattere omstandigheden in het voorjaar (opbrengstderving) en betere vochtvoorziening in de zomer (opbrengstverhoging).

4.3.1 Draagkracht

De draagkracht is uitgedrukt in het aantal niet-werkbare dagen over de periode 1 februari tot en met 31 mei. De draagkracht wordt bepaald door de drukhoogte in de bovenste 5 cm van het profiel. Er wordt vanuit gegaan dat bij draagkracht <0,6 MPa het veld niet meer betreedbaar is. De zuigspanning waarbij deze waarde wordt bereikt is echter mede afhankelijk van aard van het bodemmateriaal (zie tabel 7)

In tabel 12 staan de resultaten weergegeven. De niet-werkbare dagen voor scenario 1 en 2 zijn afgeleid uit de berekende drukhoogte op 2,5 cm - mv. (midden van de bovenste 5 cm). Voor de overige scenario's is een waarde afgeleid op basis van het aantal niet-werkbare dagen per maand van beide extreme scenario's (zie Aanhangsel 5). Uit de tabel blijkt dat het aantal niet-werkbare dagen voor locatie 1 en 7 (op 'De Wildenborch') en locatie 2 (oostelijk van 'De Wildenborch' gelegen) erg hoog is. Dit wordt bepaald door de lage maaiveldsligging ter plaatse van deze twee locaties. Voor scenario 6 (optimaal landbouw) zal waterconservering plaatsvinden tot 1 april en mogelijk langer, dit komt overeen met een situatie die ligt tussen scenario 2 (hele jaar verhoogde peilen) en scenario 5 peilverhoging tot 1 april, hierdoor zal het aantal niet-werkbare dagen minimaal gelijk zijn aan scenario 5, maar mogelijk iets hoger afhankelijk van de meteorologische omstandigheden in het voorjaar.

Tabel 12 Aantal niet-werkbare dagen gedurende de periode februari t/m mei voor 6 scenario's, 8 locaties en 3 weerjaren (1986: gemiddeld, 1989: droog en 1993: extreem nat).

Locatie		Scenario:					
		1	2	3	4	5	6
1	1986	74	83	74	74	79	81
	1989	90	92	90	90	90	91
	1993	60	68	60	60	65	66
2	1986	67	77	67	68	71	74
	1989	90	91	90	90	90	90
	1993	58	63	58	58	63	63
3	1986	0	0	0	0	0	0
	1989	0	0	0	0	0	0
	1993	1	1	1	1	1	1
4	1986	19	24	19	24	24	24
	1989	41	53	41	43	49	51
	1993	30	41	30	39	41	41
5	1986	0	0	0	0	0	0
	1989	3	3	3	3	3	3
	1993	1	1	1	1	1	1
6	1986	0	0	0	0	0	0
	1989	3	9	3	3	9	9
	1993	1	4	1	4	4	4
7	1986	20	23	20	21	22	22
	1989	29	44	29	30	41	42
	1993	24	32	24	31	32	32
8	1986	0	0	0	0	0	0
	1989	1	2	1	1	1	1
	1993	1	1	1	1	1	1
Alle locaties gem.		26	29	26	27	29	29

4.3.2 Start grasgroei

De grasgroei start in het voorjaar bij het bereiken van een temperatuursom van 200 zgn graaddagen. Bij hoge grondwaterstanden wordt deze temperatuursom gereduceerd volgens formule (4). In tabel 13 is aangegeven op welk dagnummer deze gecorrigeerde temperatuursom wordt bereikt (1 januari is dagnummer 1).

De verschillen tussen de uiterste scenario's zijn gering. Wel blijkt er een groot verschil tussen de verschillende jaren.

4.3.3 Directe productieverliezen

De hogere grondwaterstanden als gevolg van peilverhoging hebben tot gevolg dat er in het voorjaar nattere omstandigheden heersen. Dit betekent enerzijds dat als gevolg van te natte omstandigheden de opbrengst wordt beperkt. Daar staat tegenover dat in de zomer langer van het beschikbaar vocht kan worden geprofiteerd. Om het totale effect inzichtelijk te maken is de verhouding tussen de actuele en potentiële transpiratie weergegeven in tabel 14.

Tabel 13 *Dagnummer waarop 200 graaddagen worden bereikt voor 6 scenario's, 8 locaties en drie weerjaren (1986: gemiddeld, 1989: droog en 1993: extreem nat)*

Locatie		Scenario					
		1	2	3	4	5	6
1	1986	108	110	109	109	110	110
	1989	50	52	50	50	51	51
	1993	69	69	69	69	69	69
2	1986	107	109	107	108	108	109
	1989	50	51	50	50	51	51
	1993	66	68	66	67	67	68
3	1986	90	91	90	90	91	91
	1989	46	46	46	46	46	46
	1993	47	47	47	47	47	47
4	1986	98	104	99	100	102	103
	1989	49	49	49	49	49	49
	1993	50	52	50	50	51	51
5	1986	100	105	101	102	103	104
	1989	49	49	49	49	49	49
	1993	50	51	51	51	51	51
6	1986	105	106	105	105	106	106
	1989	50	51	50	50	51	51
	1993	51	58	53	55	56	57
7	1986	105	106	105	105	106	106
	1989	49	50	49	49	50	50
	1993	50	51	50	50	51	51
8	1986	98	99	98	98	99	99
	1989	49	49	49	49	49	49
	1993	49	49	49	49	49	49
Alle locaties gem.		68	70	68	69	69	71

Met de gebruikte wortelopnamefunctie blijkt dat er geringe verschillen bestaan tussen de beide uiterste scenario's, deze zijn zowel positief als negatief. Om die reden zijn voor de overige scenario's geen waarden geïnterpoleerd.

Tabel 14 *Relatieve gewasverdamping in % voor scenario 1 en 2, voor 8 locaties en 3 weerjaren (1986: gemiddeld, 1989: droog en 1993: extreem nat)*

Locatie		Scenario:	
		1	2
1	1986	91,9	92,3
	1989	87,9	86,3
	1993	90,7	86,2
2	1986	91,3	92,0
	1989	81,1	81,7
	1993	92,7	88,7
3	1986	91,7	93,8
	1989	89,7	92,7
	1993	99,8	99,6
4	1986	97,7	98,3
	1989	97,3	97,8
	1993	96,7	95,9
5	1986	99,7	99,4
	1989	98,9	99,5
	1993	98,8	97,5
6	1986	99,0	99,2
	1989	99,1	99,3
	1993	97,7	95,9
7	1986	97,5	97,9
	1989	97,6	98,4
	1993	97,3	96,1
8	1986	96,5	97,3
	1989	96,3	97,4
	1993	99,6	99,6
Alle locaties gem.		95,3	95,1

4.3.4 Algemeen

In totaliteit blijken de nadelige effecten voor de landbouw gering bij alle scenario's. Alleen voor locaties met een relatief lage maaiveldshoogte kan het aantal nietwerkbaar dagen toenemen, met maximaal 15. De vertraging in de aanvang van de grasgroei is maximaal 7 maar meestal 1 - 2 dagen. De directe productieverliezen ten gevolge van verdampingsreducties door te natte omstandigheden, zijn gering en worden deels teniet gedaan door verdampingstoename ten gevolge van minder vochttekorten in voorjaar en zomer. Bij hoge grondwaterstanden in het voorjaar doet zich de vraag voor of hierdoor extra schade optreedt aan het wortelstelsel. De Willigen (mondelijke mededeling), zegt hierover dat het wortelstelsel zich aanpast aan de nieuwe situatie, maar verwacht hiervan gezien de berekende effecten op de grondwaterstand geen schade. Zo hebben hoge grondwaterstanden bijv. geen effect op de beschikbaarheid van nutriënten, omdat deze van boven worden aangevoerd. Bovendien hebben veel

planten de mogelijkheid om lucht naar de wortels te transporteren.

De gevonden effecten gelden voor een bepaalde combinatie van maaiveldshoogte en bodemtype (kritische drukhoogte). Voor een ruimtelijke vertaling is tevens de gradiënt in de grondwaterspiegel van belang. Binnen het beschouwde gebied varieert de maaiveldshoogte globaal tussen 12.00 en 13.40 m + NAP. De gebieden die het meest gevoelig zijn voor schade liggen binnen de bodemtypen vWz (locatie 1 en 2) en fkpZg23 (locatie 4) beide met Gt III.

4.4 Effecten voor de natuur

Voor de natuur is vooral het niveau van de grondwaterstand over het jaar van belang. De capillaire levering van (mogelijk) kwelwater aan de wortelzone is hiervan afhankelijk.

Van de 8 beschouwde locaties ligt locatie 1 en 7 op 'De Wildenborch'. In tabel 15 is het aantal dagen met grondwaterstand dieper dan 80 cm - mv., waarbij de capillaire nalevering maximaal is, weergegeven.

Tabel 15 *Het aantal dagen met een grondwaterstand dieper dan 80 cm - mv. voor scenario 1 en 2, voor 8 locaties en 3 weerjaren (1986: gemiddeld, 1989: droog en 1993: extreem nat)*

Locatie		Scenario		Verschil
		1	2	
1	1986	242	219	23
	1989	237	234	3
	1993	142	118	24
2	1986	276	237	39
	1989	239	235	4
	1993	163	136	27
3	1986	365	358	7
	1989	365	365	0
	1993	365	363	2
4	1986	324	312	12
	1989	310	277	33
	1993	253	197	56
5	1986	321	312	9
	1989	303	275	28
	1993	231	210	21
6	1986	315	301	14
	1989	276	255	21
	1993	212	208	4
7	1986	311	298	13
	1989	279	252	27
	1993	217	208	9
8	1986	326	323	3
	1989	353	336	17
	1993	322	287	35
Alle locaties gem.			281	263

Uit deze tabel blijkt dat voor de jaren 1986 en 1993 op locatie 1, de grondwaterstand resp. 23 en 24 dagen langer boven het niveau van 80 cm - mv. ligt. Voor het jaar 1989 is de winst slechts 3 dagen. Het aantal dagen met hoge grondwaterstanden is voor 1993 het hoogst en kan worden verklaard door het relatief natte 2^e helft van 1993.

Bij de vergelijking van de verschillende scenario's is vooral gekeken naar de effecten in het voorjaar. In het najaar kan met betrekking tot scenario 3 t/m 6 omstreeks 1 november de stuw worden opgezet. Deze ingreep heeft geen nadelig effect voor de landbouw, terwijl het effect voor de natuur positief zal uitvallen.

5 Resultaten definitief scenario

5.1 Formulering definitief scenario

Aangezien als gevolg van de zes doorgerekende scenario's slechts weinig schade wordt veroorzaakt bij de landbouw, ligt de keuze voor een scenario waarbij 'De Wildenborch' het meest gediend is, voor de hand. Dit zou betekenen dat scenario 2 uitgevoerd zou worden. Hierbij zijn de geplande stuwen het gehele jaar ingesteld op waterconservering, en staan dus zo hoog mogelijk, zodat ook na 1 april indien daar de mogelijkheid toe is, water geconserveerd kan worden. Dit zou echter als nadeel kunnen hebben dat in de zomer en het vroege voorjaar, wanneer de belangen van de agriërs bij een goede draagkracht het hoogst zijn, landbouwkundige problemen kunnen optreden. In het vroege voorjaar (vòòr 1 april) wegen deze belangen minder zwaar. Slechts bij het uitrijden van de mest zou de geringe toename in het aantal niet-werkbare dagen enige schade veroorzaken in de vorm van een te late mesttoediening en de daarmee gepaard gaande groeivertraging. Er is daarom besloten voor het formuleren van een extra scenario, waarbij waterconservering gedurende het gehele jaar plaatsvindt, maar waarbij in het groeiseizoen een flexibel peilbeheer zal worden uitgevoerd om landbouwkundige schade te voorkomen. Dit komt min of meer overeen met scenario 6. Dit scenario is echter slechts voor drie jaren beschouwd, op basis van interpolaties van scenario 1 en 2. Er is dan ook besloten het definitieve scenario voor een langere periode door te rekenen n.l. 1959-1988.

Concreet houdt het nieuwe scenario in, dat de stuwen in het gebied het gehele jaar omhoog staan, met uitzondering van die periodes tussen 1 april en 1 november waarin de grondwaterstand ondieper dan 80 cm - mv. komt. In dat geval worden de stuwen gestreken. Ze worden pas weer omhoog gezet indien de grondwaterstand dieper dan 90 cm - mv. is weggezakt. Dat laatste is nodig om beheersmatige redenen.

Als maatgevende grondwaterstand is gekozen voor de grondwaterstand op locatie 2 en 4. Aangezien echter de grondwaterstand op locatie 2 altijd hoger is dan die op locatie 4, zal alleen gestuurd worden op locatie 2.

In de praktijk zal op locatie 2 een automatische grondwaterstandsregistratie geplaatst worden die automatisch de stuwhoogten regelt.

5.2 Rekenmethode

Voor het berekenen van het nieuwe scenario was het noodzakelijk de broncode van SWAP93 in lichte mate aan te passen. In de code wordt daarbij uitgegaan van twee $q(h^*)$ -relaties i.p.v. één, nl. één relatie die de situatie met stuwen omhoog simuleert, en één die de situatie met stuwen omlaag simuleert.

Voor locatie 2 (de zgn. 'regelbuis') gaat het model steeds afwegen, op basis van de grondwaterstand in het model, welke relatie gebruikt wordt: van 1 november tot 1 april die voor de stuw omhoog, tussen 1 april en 1 november de ene keer voor de

stuw omhoog (grondwaterstand dieper dan 90 cm - mv., of na een natte periode, ondieper dan 90 cm - mv.), de andere keer voor de stuw omlaag (grondwaterstand ondieper dan 80 cm - mv.). De stand van de stuwen wordt in een bestand weggeschreven. Voor de andere locatie's is het peilbeheer van locatie 2 uitgangspunt bij de keuze uit de twee $q(h^*)$ -relaties (stuw omhoog resp. omlaag) voor die locaties.

Het definitieve scenario wordt doorgerekend voor een periode van 30 jaar (1959-1988) met weersgegevens van het weerstation Twente. Bezwaar hiervan is wel dat hiermee de runs niet exact te vergelijken zijn met die van de basisscenario's, waarvoor de neerslag van station Almen gebruikt is. Voor dit laatste station, dat op zich beter geschikt is, was geen lange digitale meetreeks beschikbaar. De resultaten zijn toch al moeilijk vergelijkbaar met die van de basisscenario's, aangezien de voorlooperperiode voor het definitieve scenario veel langer is, waarbij per jaar een ander beginniveau geldt in vergelijking met het basisscenario, waarvoor 2 maanden als voorlooperperiode werd gebruikt. Voor het sec beoordelen van het basisscenario is dat echter geen groot bezwaar.

5.3 Resultaten berekeningen

In Aanhangsel 6 (grondwaterstanden en zuigspanningen) en 7 (landbouwkundige effecten) zijn de rekenresultaten in detail weergegeven. Voor de grondwaterstanden is daarbij een keuze gemaakt voor het weergeven van 5 representatieve jaren, op basis van het neerslagoverschot tot 1 april. Het betreft in dit geval de jaren: 1970 (90% droog), 1981 (75% droog), 1969 (50% droog), 1971 (25% droog) en 1964 (5% droog). Zie ook fig. 2.

In tabel 16 zijn de resultaten met betrekking tot de landbouwkundige effecten samengevat voor de 30 rekenjaren gemiddeld, voor de 8 locatie's.

Tabel 16 *Aantal niet-werkbare dagen, relatieve verdamping en datum waarop de grasgroei start voor de periode 1959-1988, voor 8 locaties voor de huidige situatie en voor de situatie met flexibel peilbeheer*

Locatie	Huidige situatie				Situatie flexibel peilbeheer			
	NWD1	NWD2	RVD	SGG	NWD1	NWD2	RVD	SGG
1	165	74	92,3	80	172	79	91,2	82
2	158	69	92,6	79	164	75	91,9	81
3	2	0	94,1	73	2	0	95,1	73
4	66	26	95,1	76	82	37	97,5	77
5	8	3	98,2	76	9	3	98,3	77
6	11	4	97,8	77	13	6	97,5	78
7	53	24	97,0	76	59	28	97,0	77
8	4	1	96,6	74	5	1	97,3	75
Alle locaties	58	25	95,5	76	63	29	95,7	78

NWD1 = aantal niet-werkbare dagen (feb-dec)

NWD2 = aantal niet-werkbare dagen (feb-mei)

RVD = relatieve gewasverdamping

SGG = start grasgroei

Zoals uit tabel 16 blijkt wijken de uitkomsten niet veel af van de uitkomsten voor het basisscenario 1 en 2. De meeste verschillen worden veroorzaakt door het verschil in doorgerekende periode en door het gebruik van de meteorologische gegevens van het weerstation Twente. Uit de tabel blijkt verder dat het grootste deel van de niet-werkbare dagen buiten de periode februari t/m mei valt. Een relatief klein deel hiervan valt binnen het groeiseizoen, maar deze worden nauwelijks door het peilbeheer beïnvloed.

Het effect van het flexibele peilbeheer in de zomer valt niet direct uit deze uitkomsten af te leiden. Dit effect treedt dan ook slechts op een beperkt aantal plaatsen op en tijdens slechts een gedeelte van de doorgerekende jaarreeks.

In tabel 17 is het aantal niet-werkbare dagen voor locatie 2 en 4 weergegeven voor de huidige situatie, het definitieve scenario en het definitieve scenario zonder flexibel peilbeheer in de zomer. Dit is slechts gedaan voor locaties 2 en 4, omdat de effecten alleen merkbaar zijn in natte situaties.

Tabel 17 Aantal niet-werkbare dagen na 1 februari voor de huidige situatie(1), het definitieve scenario (2) en het definitieve scenario zonder flexibel peilbeheer (3) in de zomer voor 2 locaties, gedurende een aantal geselecteerde jaren

Locatie		droogte percentage %	scenario:		
			1	2	3
2	1964	5	117	129	129
	1969	50	148	164	169
	1970	90	200	200	204
	1971	25	110	115	115
	1981	75	167	167	168
	gem. 30 jaar	158	164		168
4	1964	5	43	48	49
	1969	50	62	74	76
	1970	90	102	121	142
	1971	25	36	56	57
	1981	75	73	100	103
	gem. 30 jaar	66	82	86	

Uit de tabel blijkt dat het flexibele peilbeheer slechts werkt in situaties waarin het groeiseizoen nat is. Zo is voor de jaren met drogere groeiseizoenen wel enig effect te merken van de waterconservering (verschil 1-2) maar niets van het flexibele peilbeheer (verschil 2-3), omdat de meeste wateroverlast buiten het groeiseizoen valt, zie b.v. 1964 en 1971. Voor een relatief nat groeiseizoen als 1970 is wel duidelijk effect merkbaar vanwege het relatief natte groeiseizoen (locatie 4).

In figuur 5 is het verloop van de grondwaterstand gegeven voor de huidige situatie en die met waterconservering met en zonder flexibel peilbeheer, voor een natte locatie en een relatief nat jaar. Te zien is hoe op locatie 4 na 1 april het peil in natte perioden aangepast wordt aan de optredende grondwaterstand. De tevens weergegeven drukhoogte in de huidige situatie (o.a. als maat voor de draagkracht) laat ook zien dat de draagkrachtproblemen in de zomer niet altijd veroorzaakt worden door een hoge grondwaterstand, maar vaak ook door overvloedige neerslag die tijdelijk de zode minder draagkrachtig maakt.

Locatie 4

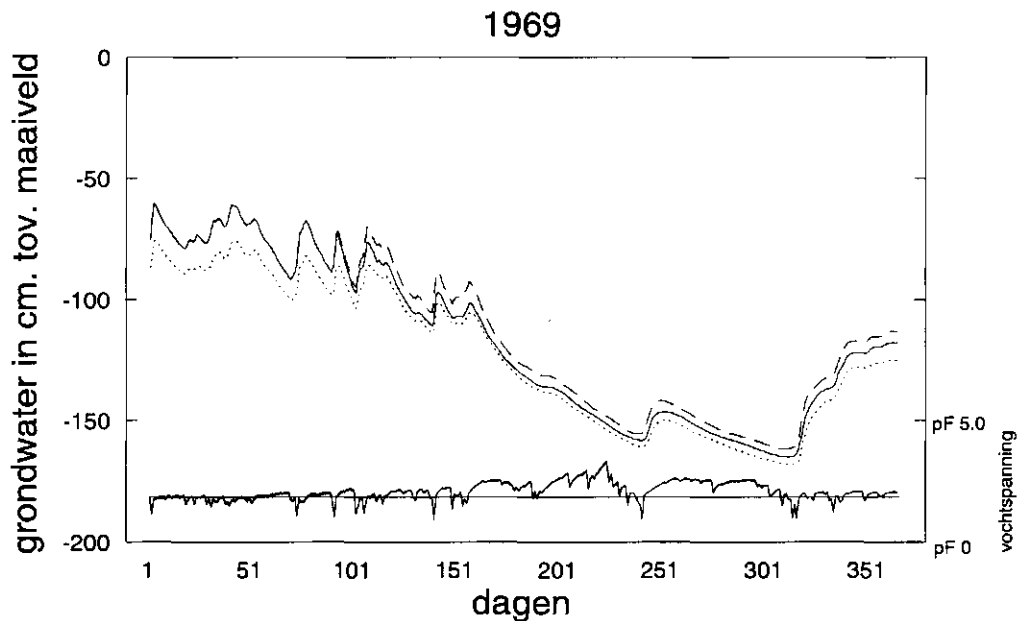


Fig. 5 Gesimuleerd verloop van de grondwaterstand en de zuigspanning op 2,5 cm - mv. op locatie 4 in 1970, voor de situatie zonder waterconservering, met waterconservering en flexibel peilbeheer in de zomer en waterconservering zonder flexibel peilbeheer in de zomer

In aanhangsel 6 zijn voor de locaties 2 en 4 ook de resultaten zonder flexibel peilbeheer weergegeven zoals in figuur 5.

Uit de vergelijking van de grondwaterstanden voor locatie 2 en 4 in de vijf representatieve weerjaren (1964, 1969, 1970, 1971 en 1981) blijkt, dat de grondwaterstand voor locatie 2 altijd hoger is dan voor locatie 4.

6 Evaluatie berekeningsmethode

6.1 FLONET-berekeningen

De uitgevoerde berekeningen met de hydrologische modellen FLONET en SWAP93 waren slechts in beperkte mate te toetsen, vanwege het beperkt aantal grondwaterstandreeksen en de beperkte tijd die beschikbaar was voor de studie. Voor berekeningen met FLONET aan de oorspronkelijke Noord-en Zuidraai is het berekende grondwaterstandsverloop getoetst aan de gemiddelde grondwaterstanden over de periode 28 oktober -15 november 1993. De berekende grondwaterstanden blijken goed overeen te komen. Toch zijn er bij de berekeningen een aantal kanttekeningen te plaatsen, nl:

- 1) Er heerst nog steeds veel onduidelijkheid ten aanzien van aanwezigheid dan wel de ligging van begraven stuwwal in het gebied. Door deze onduidelijkheid is de grootte van de grondwaterstroming, alsmede de verandering daarin (kwel/wegzijging), moeilijk vast te stellen.
- 2) Voor de anisotropiefactor is een waarde 2 aangehouden. De aanwezigheid van leemlaagjes ed, kan deze factor aanzienlijk verhogen en daarmee de opbolling van de grondwater dus ook.
- 3) Een factor die grote invloed kan hebben op de modelresultaten, zeker op deze locale schaal, is de bodemweerstand van de waterlopen. Hierover is geen specifieke informatie beschikbaar. Deze weerstand is echter sterk bepalend voor de opbolling van de grondwaterstand tussen de waterlopen.
- 4) Het is onduidelijk in hoeverre de meteorologische omstandigheden het regionale grondwaterstromingspatroon beïnvloeden. Bij de stationaire berekeningen is ervan uitgegaan dat een verhoging van de neerslagaanvulling automatisch een verhoging van de slootafvoer impliceert, de randfluxen zijn constant gehouden voor alle omstandigheden. Als in werkelijkheid deze stroming wel beïnvloedt wordt, kan echter niet op voorhand gezegd worden welke kant dit op zal werken.

6.2 SWAP-berekeningen

Uit berekeningen met FLONET zijn $q(h^*)$ -relaties afgeleid ten behoeve van de berekeningen met SWAP93. Alleen voor locatie 1 (op 'De Wildenborch') zijn voor 1993 grondwaterstandwaarnemingen beschikbaar.

Uit vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden (figuur 6) blijkt dat vooral in de zomer de berekende grondwaterstand dieper uitzakt dan de gemeten grondwaterstand. Hiervoor zijn een aantal mogelijke oorzaken te noemen, o.a.:

- 1) meteorologische gegevens
- 2) bodemfysische gegevens
- 3) $q(h^*)$ -relatie

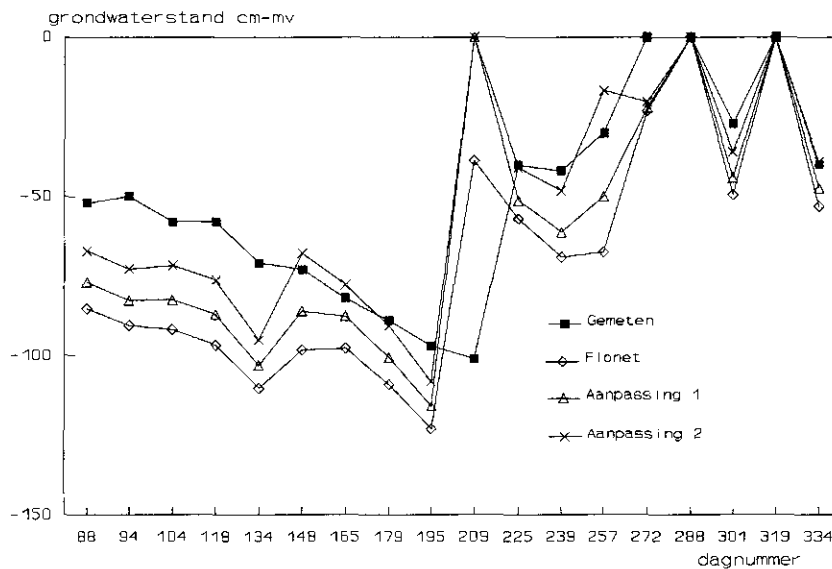


Fig. 6 Gesimuleerde grondwaterstanden voor locatie 1 ('De Wildenborch') met verschillende $q(h^*)$ -relaties voor 1993

De gebruikte meteorologische gegevens zijn afkomstig van neerslagstation Almen en voor de verdamping zijn gegevens van vliegveld Twente gebruikt. De neerslag is verder gecorrigeerd met +5% (Warmerdam, 1981), in verband met de fout in de neerslagmeting van een standaardregenmeter. De verwachting is dat de meteorologische gegevens weinig zullen afwijken voor de locaties waarvoor de grondwaterstand is gesimuleerd.

Voor de bodemfysische gegevens geldt dat deze niet ter plaatse zijn vastgesteld, maar zijn gebaseerd op geometrisch gemiddelde karakteristieken, hiervoor zijn de bepalende eigenschappen organisch stofgehalte, lutumgehalte, leemgehalte en M50-cijfer. Ter plaatse van 'De Wildenborch' kunnen deze dus afwijken van de gebruikte karakteristieken.

De $q(h^*)$ -relatie geeft het verband tussen de grondwaterstand en de stroming door de onderkant van het beschouwde profiel (dit betreft zowel wegzijging als de drainage naar waterlopen). Er zijn een aantal simulaties uitgevoerd met aangepaste $q(h^*)$ -relaties (aanpassing constante b uit (3)), het blijkt dat de gesimuleerde grondwaterstand de gemeten grondwaterstand beter kan gaan benaderen (figuur 6).

In figuur 7 is de $q(h^*)$ -relatie weergegeven zoals bepaald uit de FLONET-berekeningen alsmede de daaruit afgeleide relatie (e-macht) zoals deze is gebruikt in de berekeningen met SWAP93. Uit deze figuur blijkt dat vooral bij diepere grondwaterstanden de gebruikte relatie in deze situatie een grotere wegzijging geeft aan de onderkant van het model dan op grond van de FLONET-berekeningen gerechtvaardigd is. Bovendien heeft het gebruik van een e-macht tot gevolg dat er alleen water afgevoerd wordt door de onderkant van het model (wegzijging). Deze factoren kunnen het wegzakken van de grondwaterstand verklaren.

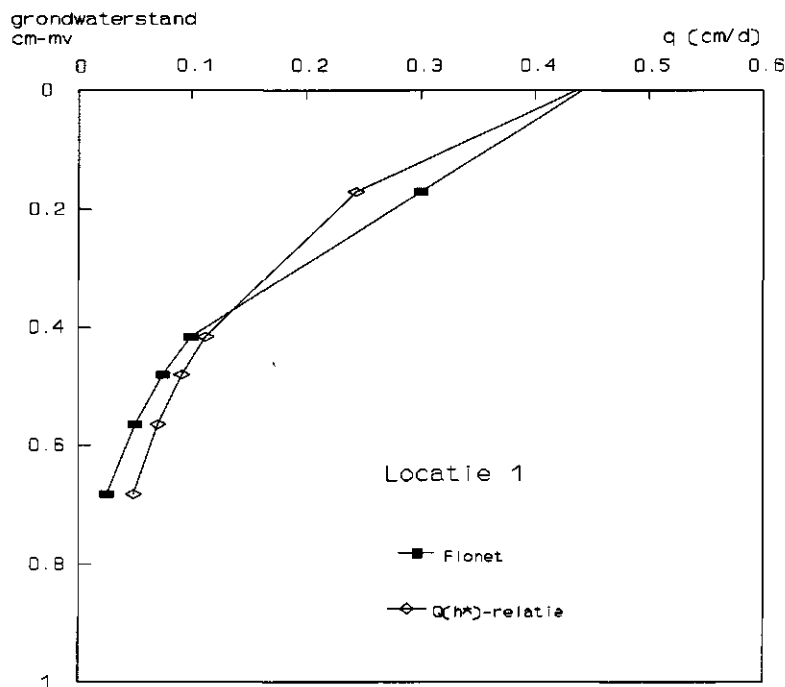


Fig. 7 $q(h^*)$ -relatie berekend met FLONET en de daaruit afgeleide e -macht voor de invoer in SWAP93

6.3 Invloed op de rekenresultaten

De berekeningen met zowel FLONET als SWAP93 zijn op basis van beschikbare gegevens uitgevoerd. Uit het voorgaande blijkt dat er ten aanzien van de berekeningen kanttekeningen zijn te plaatsen. Daarom dienen de resultaten met een zeker voorbehoud te worden bekeken.

Om het effect van de $q(h^*)$ -relatie op de berekeningen inzichtelijk te maken is voor 1993 een berekening uitgevoerd met de best fittende aangepaste $q(h^*)$ -relatie. In tabel 18 zijn de effecten van beide berekeningen vergeleken.

Tabel 18 Effect van aanpassing $q(h^*)$ -relatie op de effecten voor de landbouw en de natuur op locatie 1

$Q(h^*)$ -relatie Effect	Flonet	Aangepast
Aanvang groeiseizoen (dagnr)	69	72
Niet-werkbare dagen	60	84
Relatieve transpiratie (%)	90,7	77,7
Grondwaterstand > 80cm - mv. (dagen)	142	44
Grondwaterstand > 60cm - mv. (dagen)	188	101
Grondwaterstand > 40cm - mv. (dagen)	267	152
Grondwaterstand > 20cm - mv. (dagen)	323	267

Ofschoon de verschillen voor 1993 vrij fors zijn, kan hier geen consequentie aan verbonden worden: het is slechts een steekproef. Het is de vraag of het effect overal en in dezelfde richting optreedt. Op grond van de analyse van de $q(h^*)$ -relatie, kan hooguit geconcludeerd worden dat het gebruik van e-functies met name bij lage grondwaterstanden teveel uitgaande flux in de hand werkt. Bij hoge grondwaterstanden wordt echter waarschijnlijk een te lage flux berekend, gezien de te hoge grondwaterstanden in de zomer met de aangepaste relatie. Dit laatste veroorzaakt waarschijnlijk het grote verschil in met name het aantal niet-werkbare dagen.

Wat de analyse laat zien, is dat de resultaten van een dergelijk nauwelijks gecalibreerd model met de nodige omzichtigheid behandeld moeten worden. Dit geldt temeer daar als een van de belangrijkste beoordelingsfactoren het aantal niet-werkbare dagen en het aantal overschrijdingen van een bepaalde grondwaterstand gebruikt worden. Daarbij is het relatieve verschil tussen twee scenario's sterk afhankelijk van het absolute niveau: verhoging van de grondwaterstand met 20 cm bij een uitgangsniveau van 2 m -mv. heeft geen invloed op het aantal overschrijdingen van 80 cm - mv., bij een uitgangsniveau van 1 m is dat wel het geval.

De resultaten per locatie moeten dan ook vooral gezien worden als gevoeligheden van het systeem onder verschillende omstandigheden, en minder als absolute resultaten. De resultaten over alle locaties te samen gezien, hebben meer betekenis

7 Conclusies

In onderstaande tabel 19 staan de effecten van de peilaanpassingen volgens het definitieve scenario, in de Noordraai en Zuidraai op de landbouw en natuur samengevat weergegeven als positieve en negatieve scores. Deze tabel is samengesteld op basis van de rekenresultaten en in samenspraak met de begeleidingscommissie.

Tabel 19 Uiteindelijk oordeel over de uitwerking van het definitieve waterconserveringsscenario op de landbouw en op de natuur in en rond 'De Wildenborch'

	Natuur		Landbouw
	Kwantitatief	Kwalitatief	
Winter	+	+	0
Voorjaar	+	+	0/-
Zomer	0	0	0

(++ groot effect, + positief effect, 0 gering effect, - negatief effect, --zeer negatief effect)

Voor de *natuur* blijkt dat als gevolg van peilaanpassingen in de omringende waterlopen van het landgoed de drainerende werking van de waterlopen op 'De Wildenborch' sterk toeneemt. Hierdoor komen stroomlijnen met ouder infiltratiewater dichter onder 'De Wildenborch' te liggen, hetgeen in de regel een verbetering van de waterkwaliteit veroorzaakt. In de loop van het voorjaar zullen veel waterlopen rondom 'De Wildenborch' geleidelijk droogvallen, waardoor het effect vermindert. Het kwantitatieve aspect voor de natuur uit zich in hogere grondwaterstanden. Uit de modelberekeningen blijkt dat het type voorjaar (droog/nat) van invloed is op het aantal dagen dat de grondwaterstand <80 cm - mv. is. Het grootste voordeel wordt behaald in de winterperiode, in de loop van het voorjaar zal afhankelijk van de meteorologische omstandigheden de grondwaterstand dieper dan 80 cm - mv. wegzakken. In de zomer zal de grondwaterstand zich doorgaans dieper dan 80 cm - mv. bevinden.

Voor de *landbouw* blijkt uit de verschillende tabellen dat de effecten op de draagkracht, transpiratie en begin van grasgroei gering zijn. Alleen voor laaggelegen delen (b.v. locatie 1 en 2) is er een zekere toename in het aantal niet-werkbare dagen, gemiddeld voor de lager gelegen delen ca. 5 per jaar. De gebieden die het meest gevoelig zijn voor schade liggen binnen de bodemtypen vWz (locatie 1 en 2) en fkpZg23 (locatie 4) allen met GT III. Verder blijkt dat een relatief klein deel van het aantal niet-werkbare dagen binnen het groeiseizoen valt, maar deze worden nauwelijks door het peilbeheer beïnvloed.

De voorgestelde waterconservering is slechts tijdelijk mogelijk, omdat de grondwaterstand in de loop van het voorjaar/zomer zal uitzakken tot beneden het ontwateringsniveau en er geen mogelijkheden bestaan voor wateraanvoer. Daarom zullen waterhuishoudkundige maatregelen vooral in winter en voorjaar effect sorteren. Verder blijkt dat het effect van peilverhoging niet volledig doorwerkt op de

grondwaterstand als gevolg van afname van de drainerende functie van de betreffende waterlopen, zodat het uiteindelijke effect op de grondwaterstand slechts een deel is van de ingestelde peilverhoging. Op grond van deze constatering is het mogelijk met eenvoudige stuwconstructies het beoogde effect te realiseren.

Waterconservering in combinatie met het voeren van een flexibel peilbeheer gedurende de zomer in natte perioden, reduceert voor de natte locaties het aantal niet-werkbare dagen t.o.v. de situatie met alleen waterconservering t.b.v. 'De Wildenborch', met name in jaren met een nat groeiseizoen. Het beweegbaar uitvoeren van deze stuwconstructie's blijkt dus wel een zeker effect te hebben.

Voor 'De Wildenborch' neemt de drainage toe bij verhoogde peilen rondom het landgoed, dit biedt de mogelijkheid de drainagebasis binnen 'De Wildenborch' te verhogen, teneinde de grondwaterstand te verhogen. Door een verhoging van de drainagebasis zal de drainerende werking van de Afwatering van het Kranengoor en van de Groenouwe echter ook toenemen ten koste van waterlopen op 'De Wildenborch'.

Om ervoor te zorgen dat kwelwater de wortelzone van de vegetatie op het landgoed daadwerkelijk kan bereiken bij de gerealiseerde verhoging van de drainagebasis, dient het neerslagoverschot meer als tot nu toe, oppervlakkig afgevoerd te worden. Dit zou gerealiseerd kunnen worden door het bestaande greppelsysteem weer te ontsluiten.

Uit vergelijking van gemeten en berekende grondwaterstanden voor locatie 1 blijkt dat de berekende grondwaterstand dieper wegzakt dan de gemeten grondwaterstand. Al teveel conclusies kunnen er aan deze enige ijkmogelijkheid niet verbonden worden. De resultaten moeten vooral als indicatief beschouwd en met de nodige omzichtigheid behandeld worden, met name t.a.v. het aantal overschrijdingen van grondwater-niveau's en aantal niet-werkbare dagen per locatie. De resultaten voor alle 8 locaties samen vormen echter wel een goed beeld van wat er in het algemeen voor situaties ontstaan bij de voorgenomen maatregelen.

Literatuur

Engelen, G.B., 1993. *Haalbaarheidsonderzoek bestrijding verdroging: Project 't Zand/de Wiersse*. Deelrapport Hydrologie; i. v. De Bilt, Grontmij.

Ernst, L.F., 1978. 'Drainage of undulating sandy soils with high groundwater tables. I. A drainage formula based on a constant hydraulic head ratio'. *Journal of Hydrology*, 39 (1978 1-30).

Feddes, R.A., P.J. Kowalik an H. Zaradny, 1978. *Simulation of field water use and crop yield*. Wageningen, Pudoc.

Grootjans, P., 1984. *De Geohydrologische beschrijving van de provincie Gelderland*. Arnhem, Dienst Grondwaterverkenning TNO en Dienst Waterbeheer, Provincie Gelderland.

Guiguer, N., J. Molson, T. Franz en E. Frind, 1993 *FLOTRANS, User Guide version 2.1. Two-dimensional Steady-State Flownet and Advective-Dispersive Contaminant Transport Model*. University of Waterloo, and Waterloo Centre for Groundwater Research.

Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, 1981. *Jaarverslag 1981*. Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding.

Jansen, P.C., R.H. Kemmers en P. Mekking, 1994. *Eco-hydrologische systeembeschrijving van het landgoed 'De Wildenborch'*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 296.

Massop H.Th.L. en P.A.J.W de Wit, i.v. *Onderzoek naar drainageweerstand van het tertiair ontwateringssysteem in Oost-Gelderland*. Wageningen, DLO-Staring Centrum.

Peerboom, J.M.P.M., 1990. *Waterhuishoudkundige schadefuncties op grasland*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 43.

Postma, J., 1992. *Kwantificering van de relatie tussen grondwaterstandsverloop en productievermindering ten gevolge van wateroverlast op grasland*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 190.

Project bestrijding verdroging landgoed 'De Wildenborch', 1994. *Bestrijding verdroging landgoed De Wildenborch*. Arnhem.

Provincie Gelderland, 1993. *Karakteristieken van de onverzadigde zone ten behoeve van het waterbeheer. Leidraad voor het waterbeheer*. Arnhem.

Rijks Geologische Dienst, 1991. *Karakterisering hydrologische opbouw van de Provincie Gelderland. Deel 1: Oost-Gelderland*. Haarlem.

Schothorst, C.J., 1965. *Weinig draagkrachtig grasland*. Landbouwvoorl. 22, 10/11 en 12. Verspr. Overdr. ICW 30.

Smoor, P.B. en N.A. de Ridder, 1972. *Grondwaterkaart van Nederland, kaartblad 34 West en 41 West*. Delft, Dienst Grondwaterverkenning TNO.

Bodemkaart van Nederland, 1979. *Bodemkaart van Nederland, schaal 1: 50 000; Blad 34 West, 34 Oost en 35*. Wageningen, Stichting voor Bodemkartering.

Vries, F. de, 1991. *Bodemfysische karakterisering van de gronden in Gelderland*. Wageningen. DLO-Staring Centrum. Rapport 164.

Vries, J.J., 1974. *Groundwater flow systems and stream nets in the Netherlands*. Amsterdam.

Werkgroep HELP-tabel, 1986. *De invloed van de waterhuishouding op de landbouwkundige produktie*.

Werkgroep Herziening Cultuurtechnische vademecum, 1988. *Cultuurtechnisch Vademecum*. Utrecht.

Wesseling J.G., 1991. *Meerjarige simulatie van grondwaterstroming voor verschillende bodemprofielen, grondwatertrappen en gewassen met het model SWATRE*. Wageningen, DLO-Staring Centrum. Rapport 152.

Wosten, J.H.M., M.H. Bannink en J. Beuving, 1987. *Waterretentie- en doorlatendheidskarakteristieken van boven- en ondergronden in Nederland: De Staringreeks*.

Wageningen, Instituut voor Cultuurtechniek en Waterhuishouding, ICW-rapport 18.

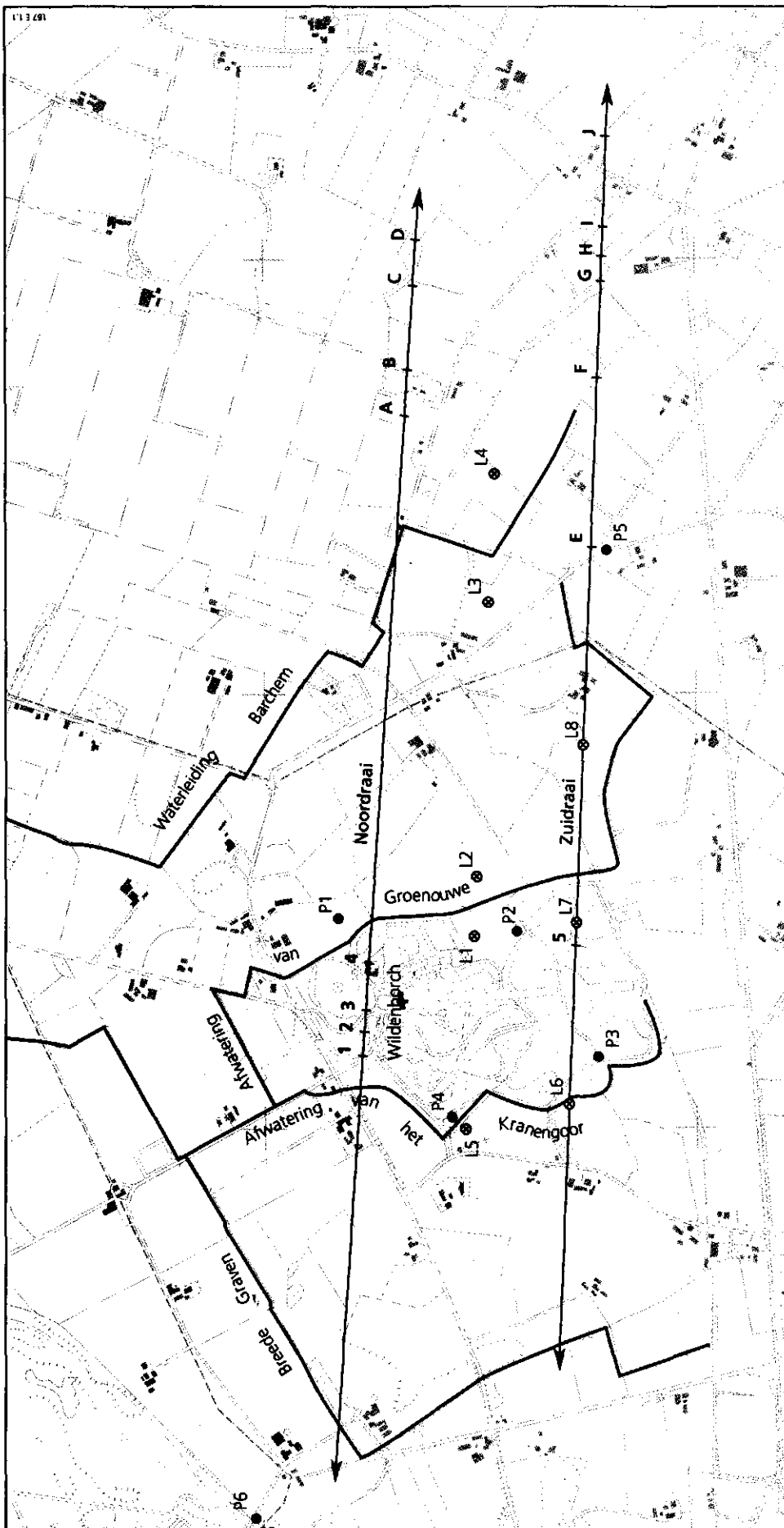
Warmerdam, P.M.M., 1981. 'De invloed van de wind op regenwaarnemingen; een vergelijkend regenmeteronderzoek'. *H₂O* (14) 1, 16-20.

Niet-gepubliceerde bronnen

Broek, B.J. van den e.a., 1994. 'SWAP 1993, Input instructions manual'. *Interne mededeling* 291.

Aanhangsel 1

Locatiekaart 'De Wildenborch' en simulatieraaien en locatie's



Aanhangsel 1

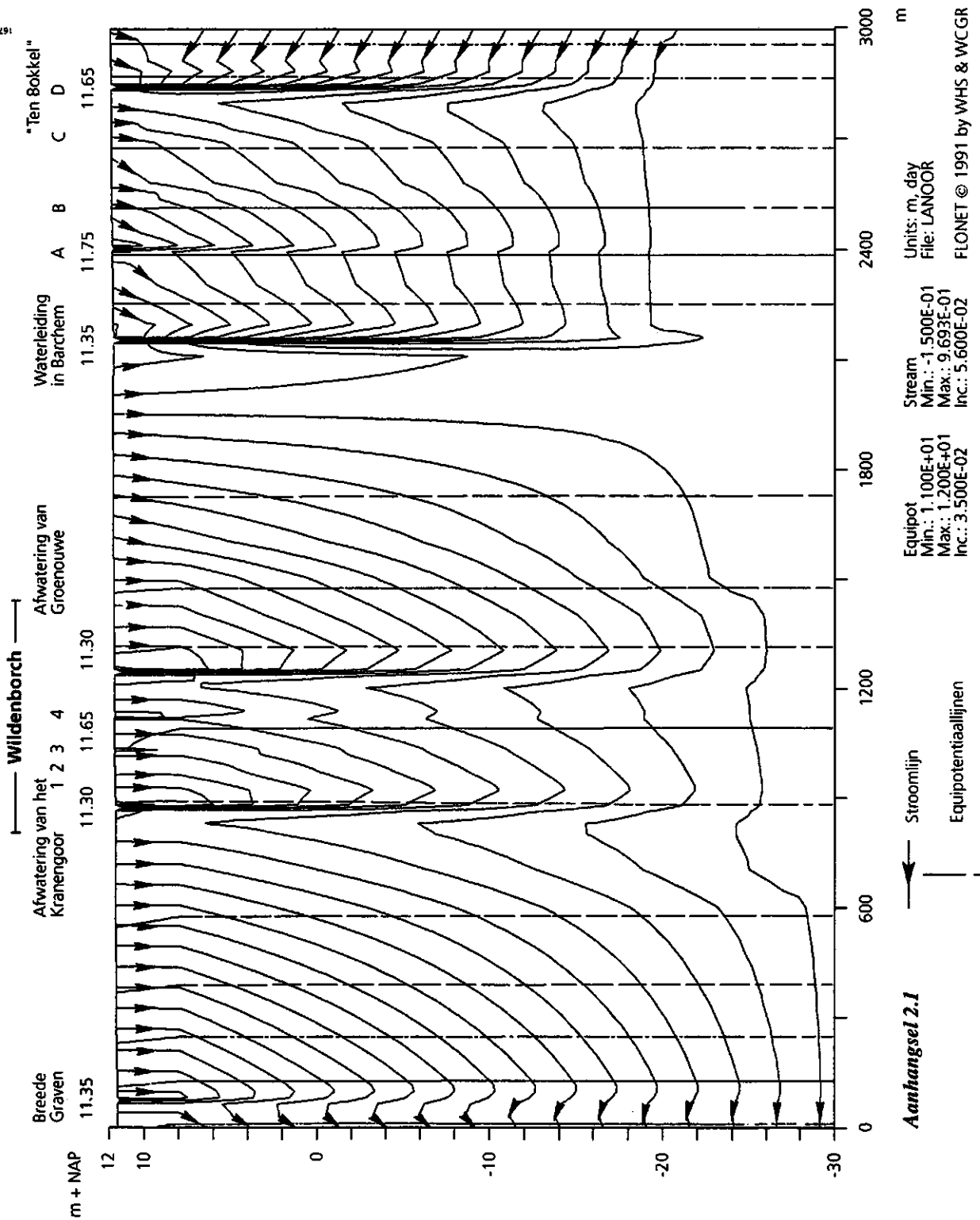
- L5 Locatie 5 (Swap 93)
- 1 Locatie waterloop op landgoed
- A Locatie waterloop buitenlandgoed
- Waterloop



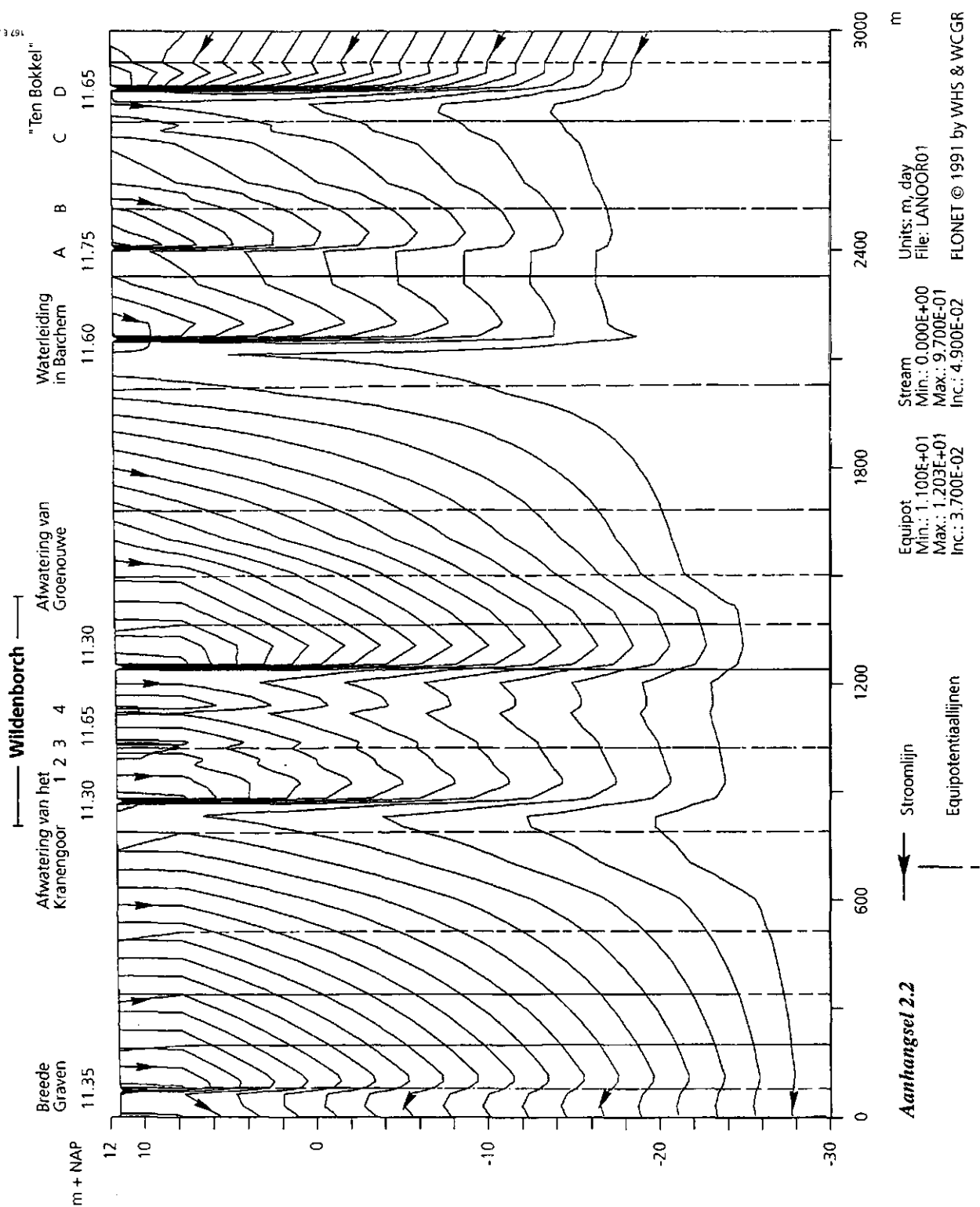
Aanhangsel 2

Gesimuleerde grondwaterstromingen Noordraai

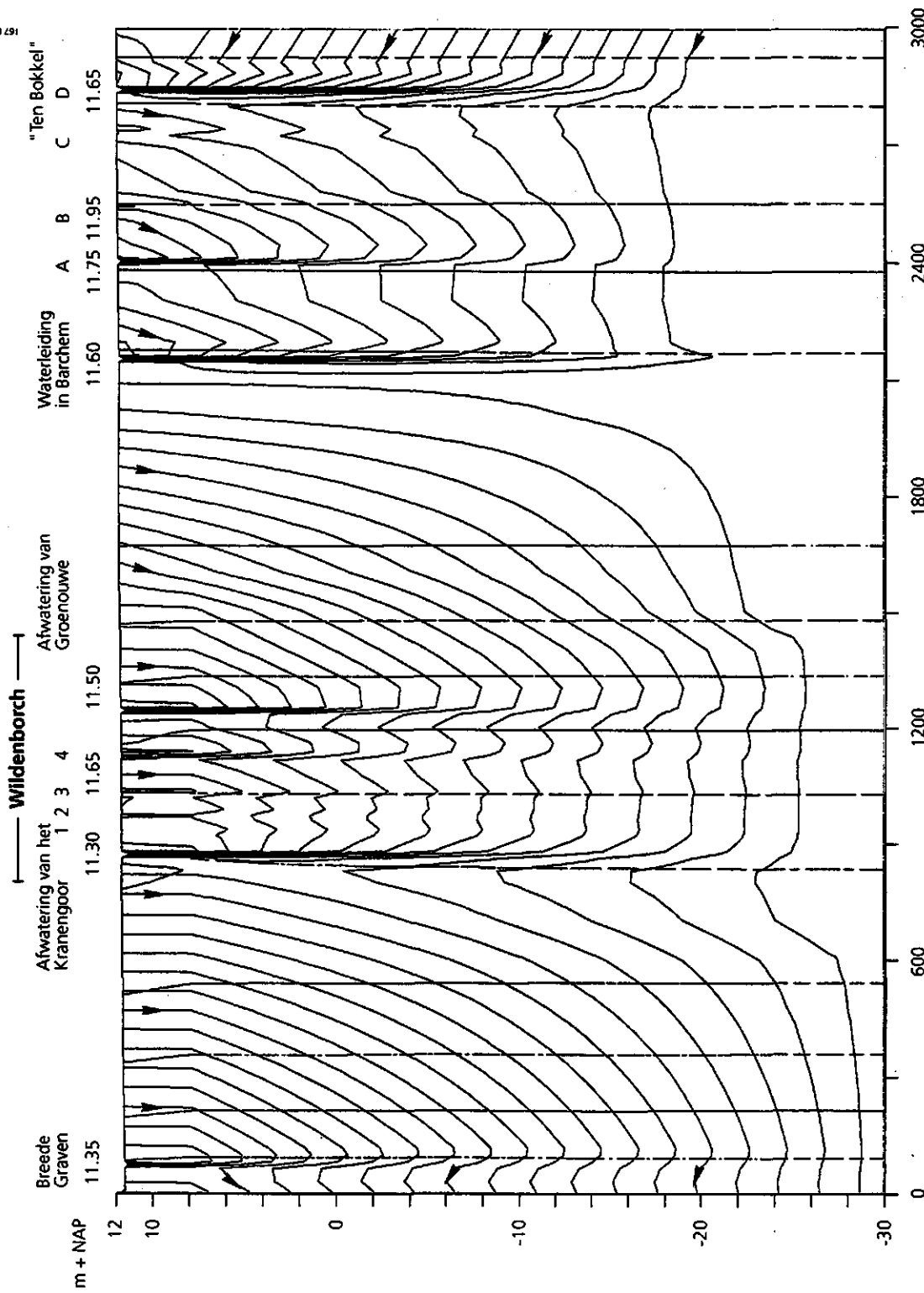
Stroomlijnen en equipotentiaallijnen



Stroomlijnen en equipotentiaallijnen



Stroomlijnen en equipotentiaallijnen



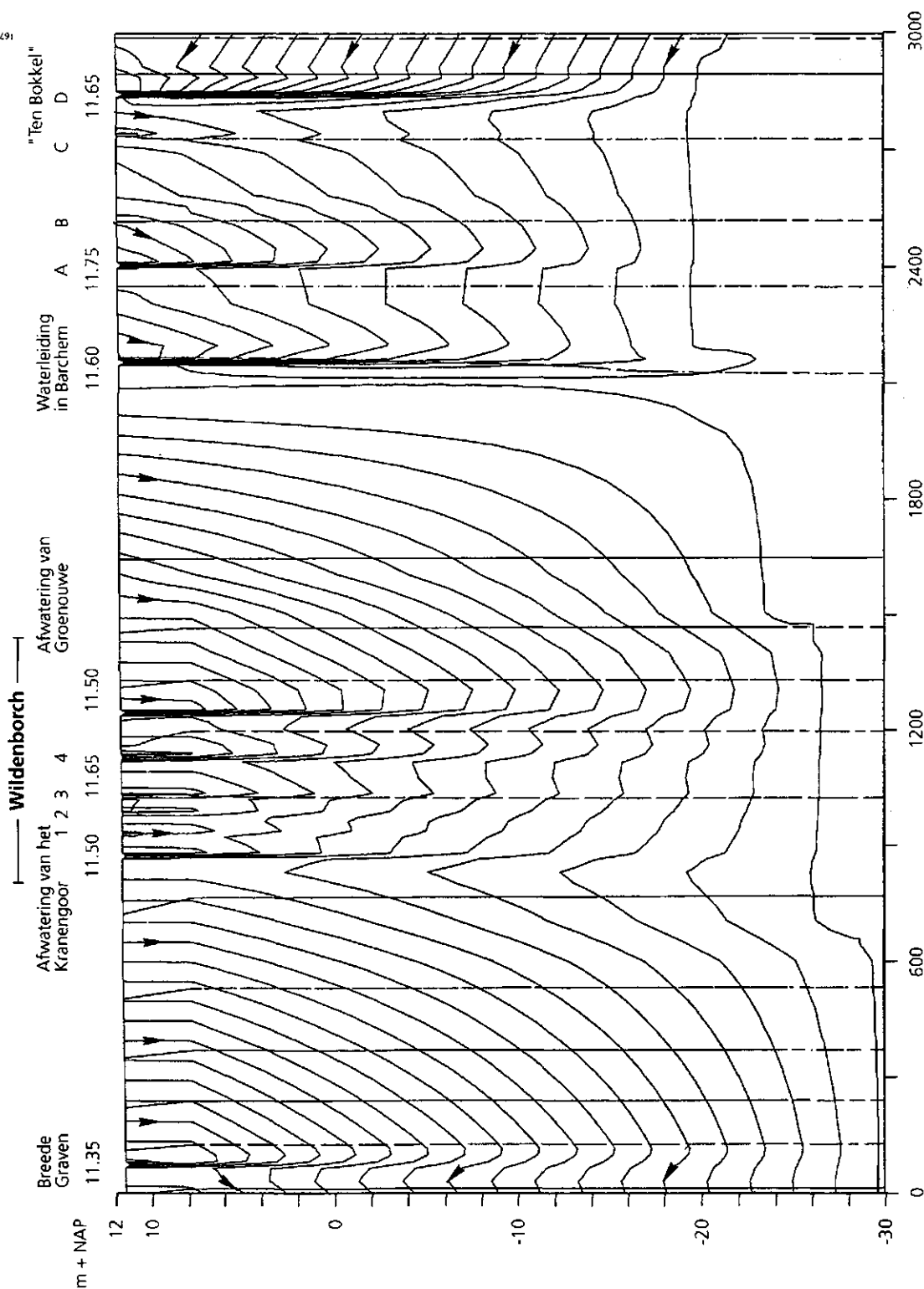
Aanhangsel 2.3

——— Stroomlijn
 | Equipotentiaallijnen

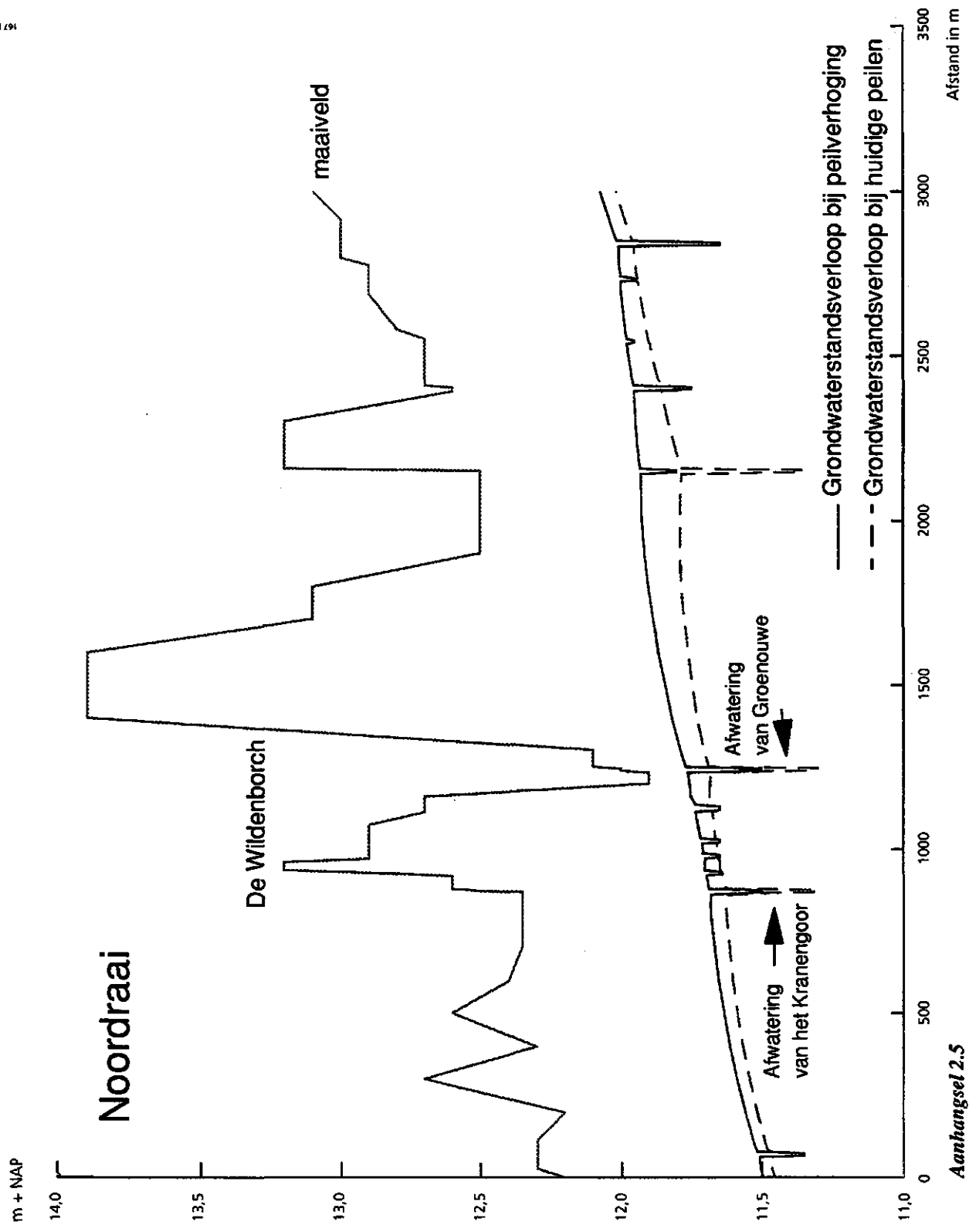
Units: m, day
 File: LANOOR02
 Stream
 Min.: 2.000E-02
 Max.: 9.689E-01
 Inc.: 4.900E-02
 Equipot
 Min.: 1.100E+01
 Max.: 1.205E+01
 Inc.: 3.800E-02

FLONET © 1991 by WHS & WCGR

Stroomlijnen en equipotentiaallijnen

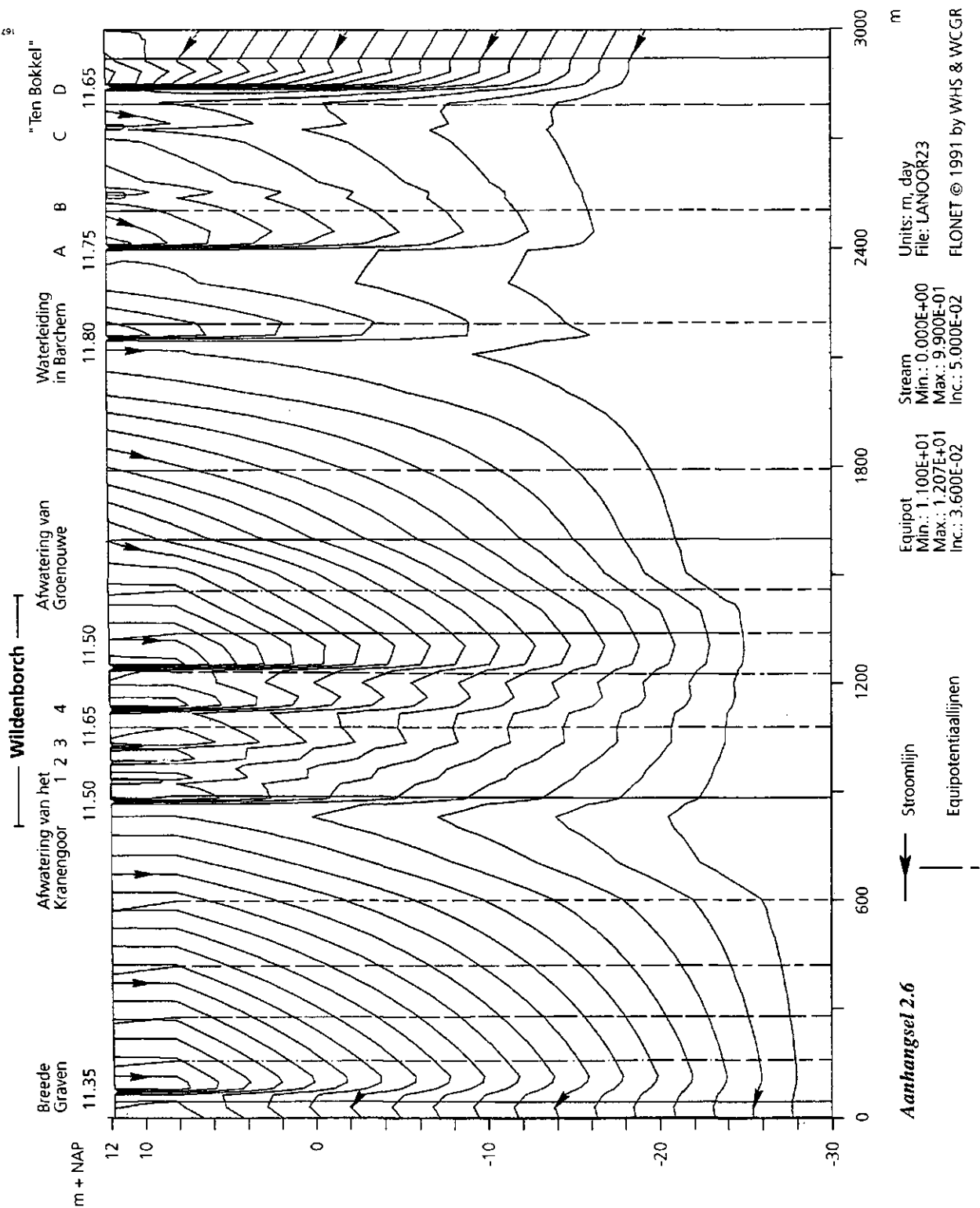


Aanhangsel 2.4



Aanhangsel 2.5

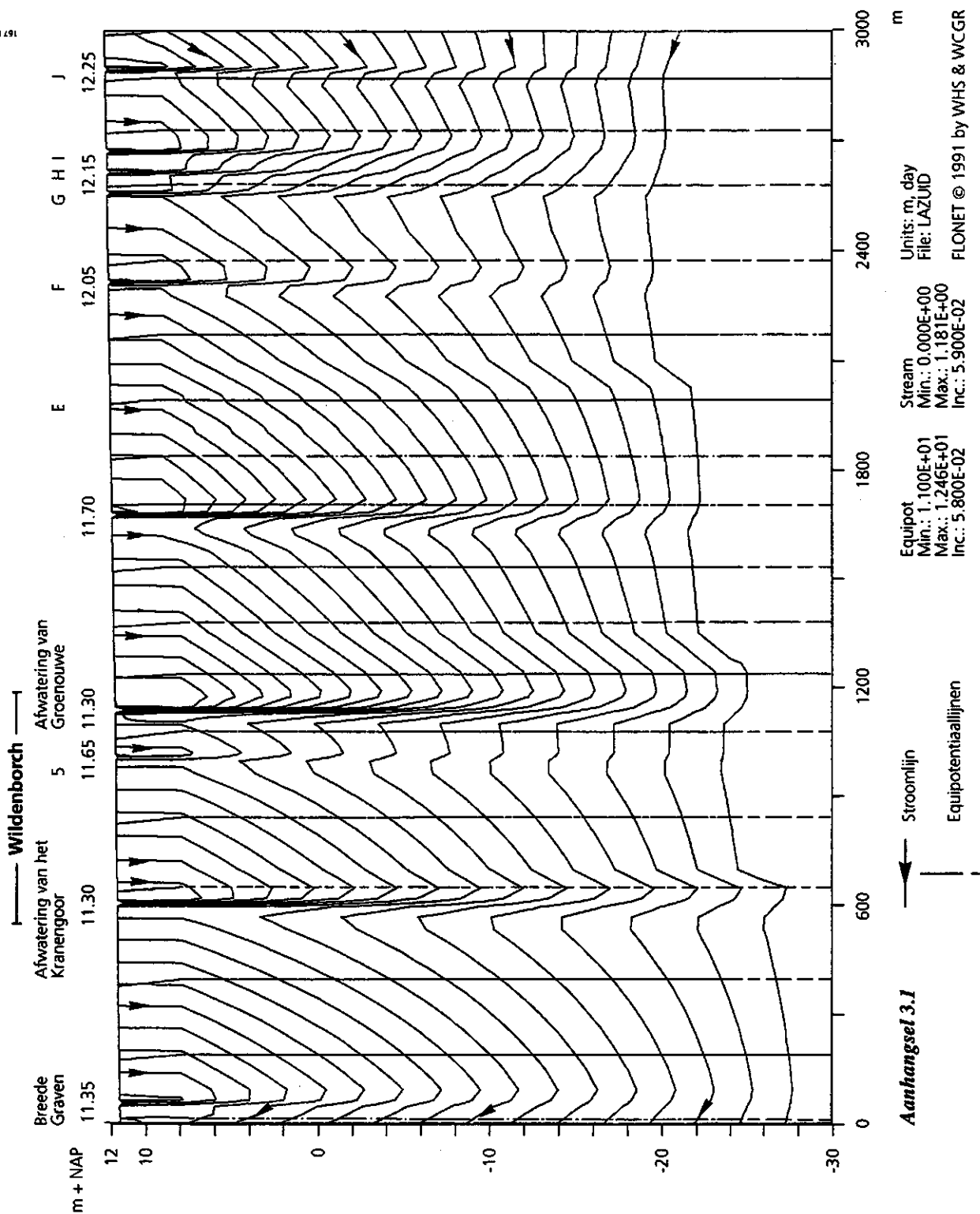
Stroomlijnen en equipotentiaallijnen



Aanhangsel 3

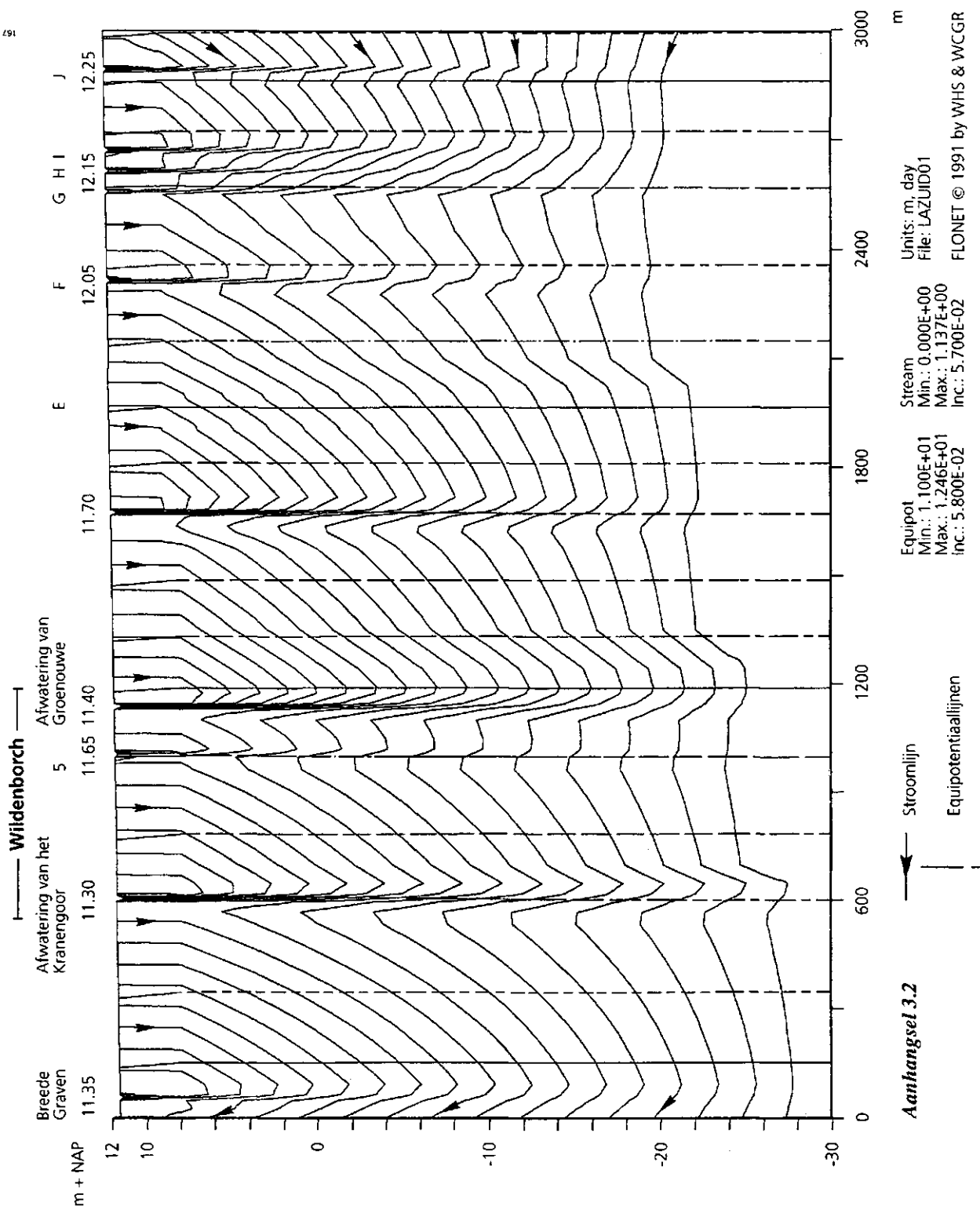
Gesimuleerde grondwaterstromingen Zuidraai

Stroomlijnen en equipotentiaallijnen



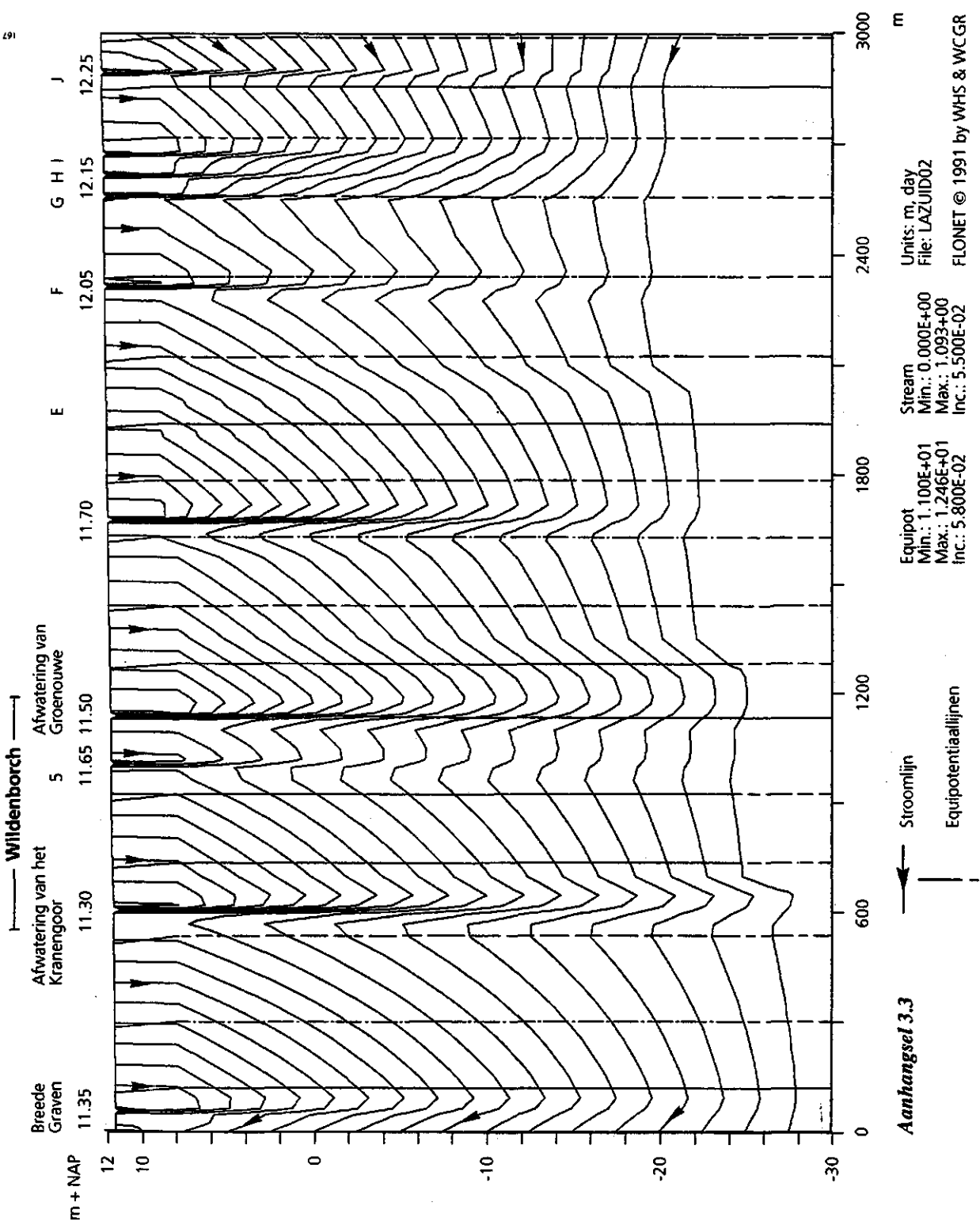
Aanhangsel 3.1

Stroomlijnen en equipotentiaallijnen

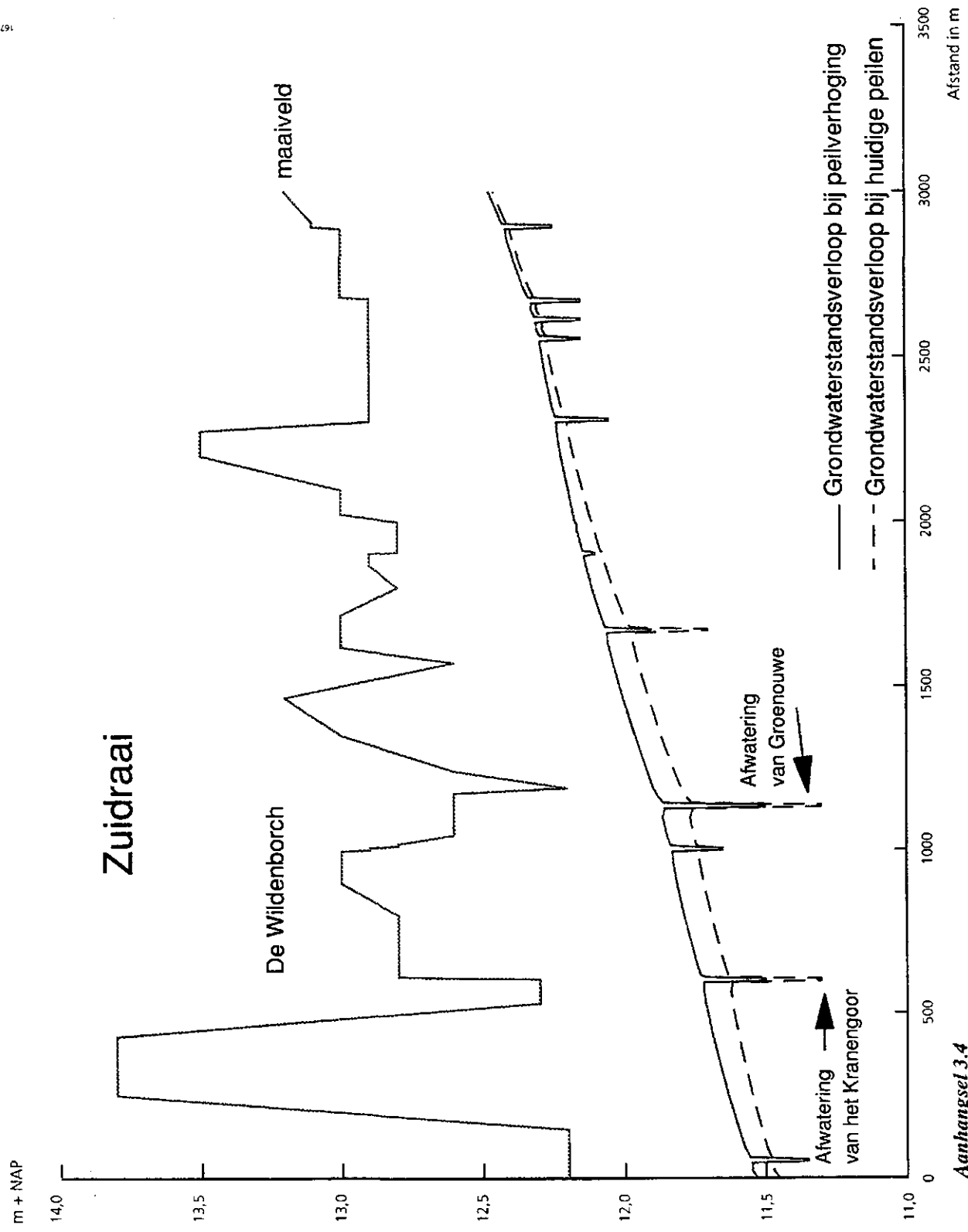


Aanhangsel 3.2

Stroomlijnen en equipotentiaallijnen

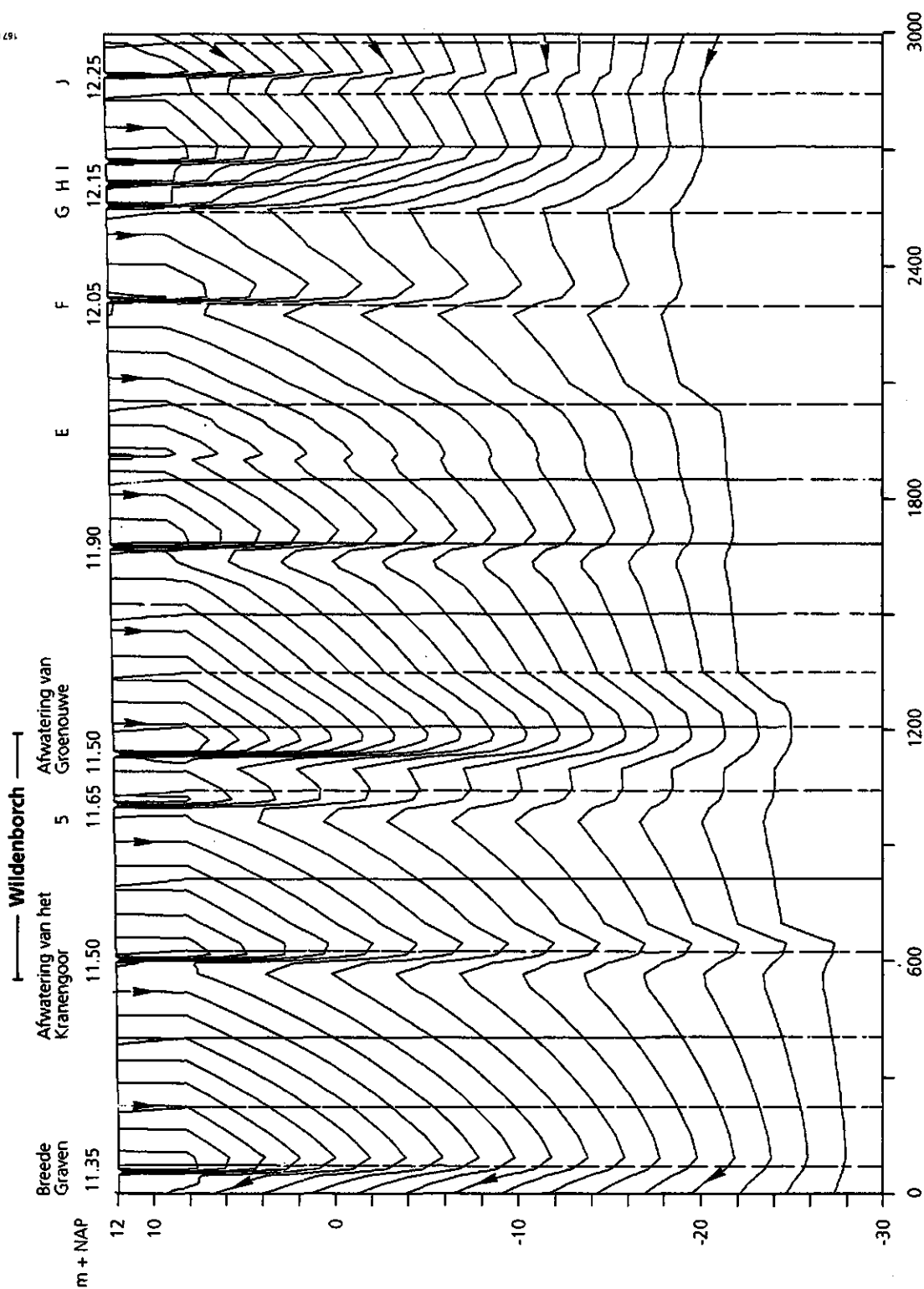


Aanhangsel 3.3



Aanhangsel 3.4

Stroomlijnen en equipotentiaallijnen



Aanhangsel 3.5

Stroomlijn
Equipotentiaallijnen

Equipot
Min.: 1.100E+01
Max.: 1.247E+01
Inc.: 5.600E-02

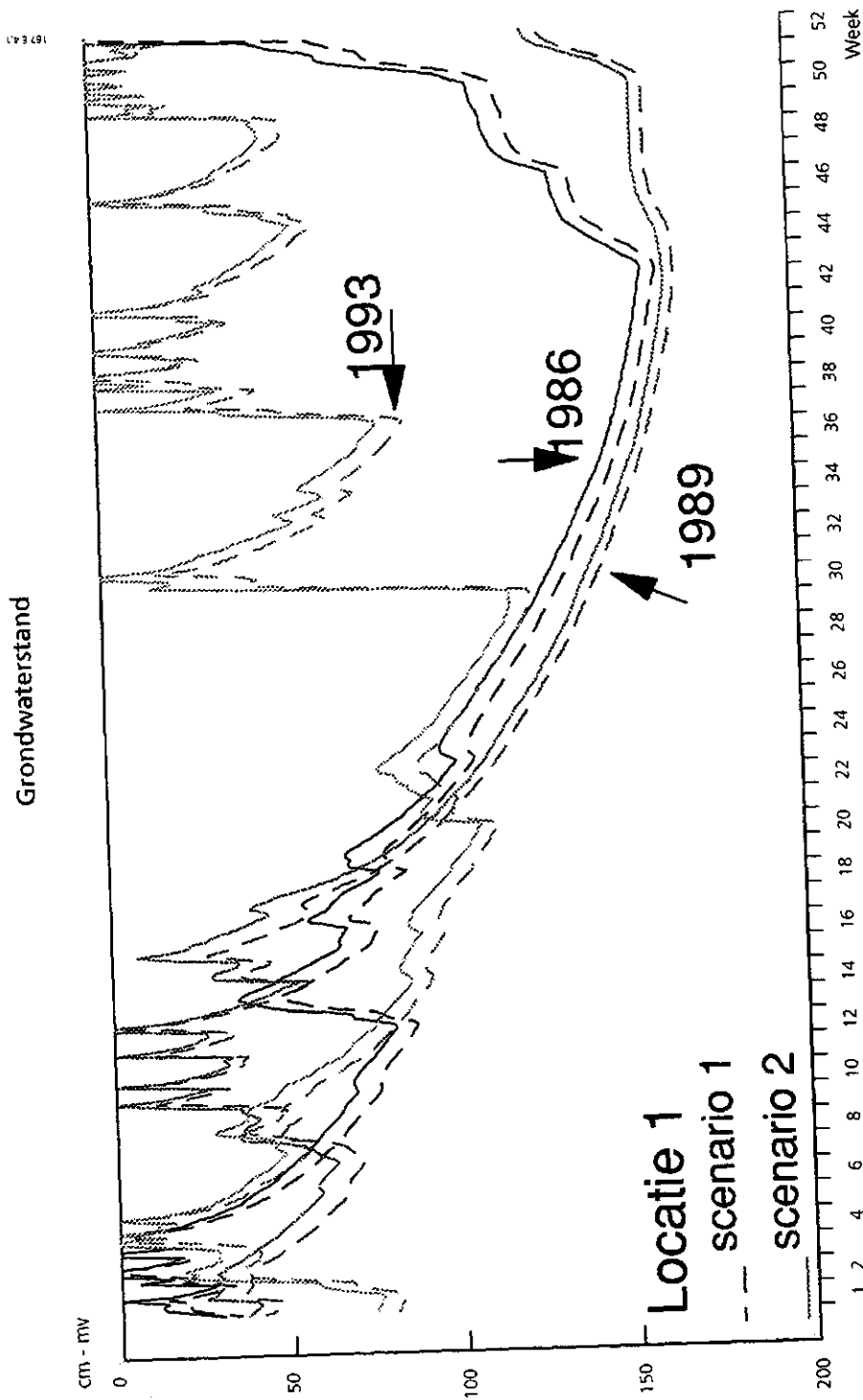
Stream
Min.: 0.000E+00
Max.: 1.134+00
Inc.: 5.700E-02

Units: m, day
File: LAZUID13

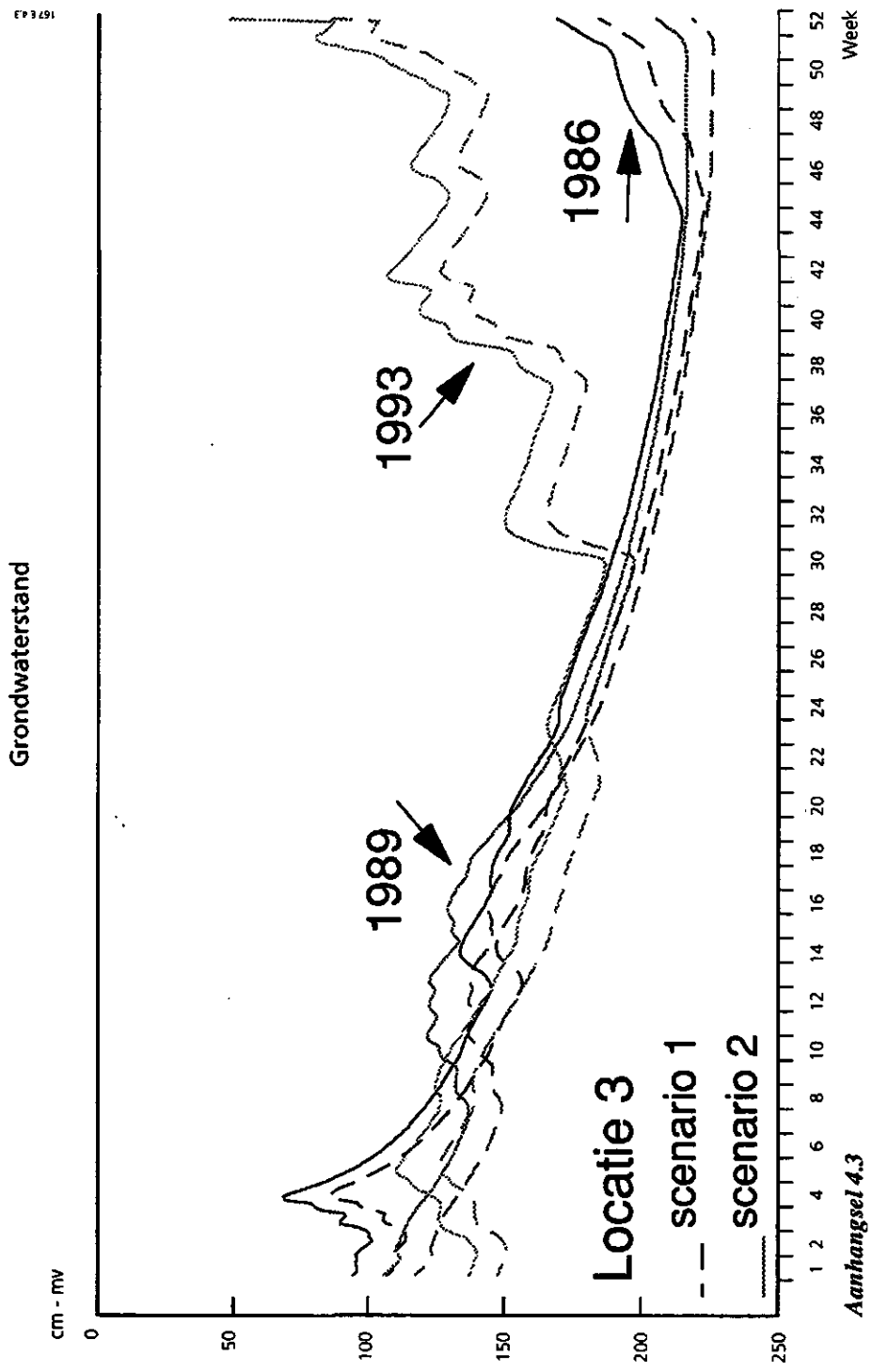
FLONET © 1991 by WHS & WCGR

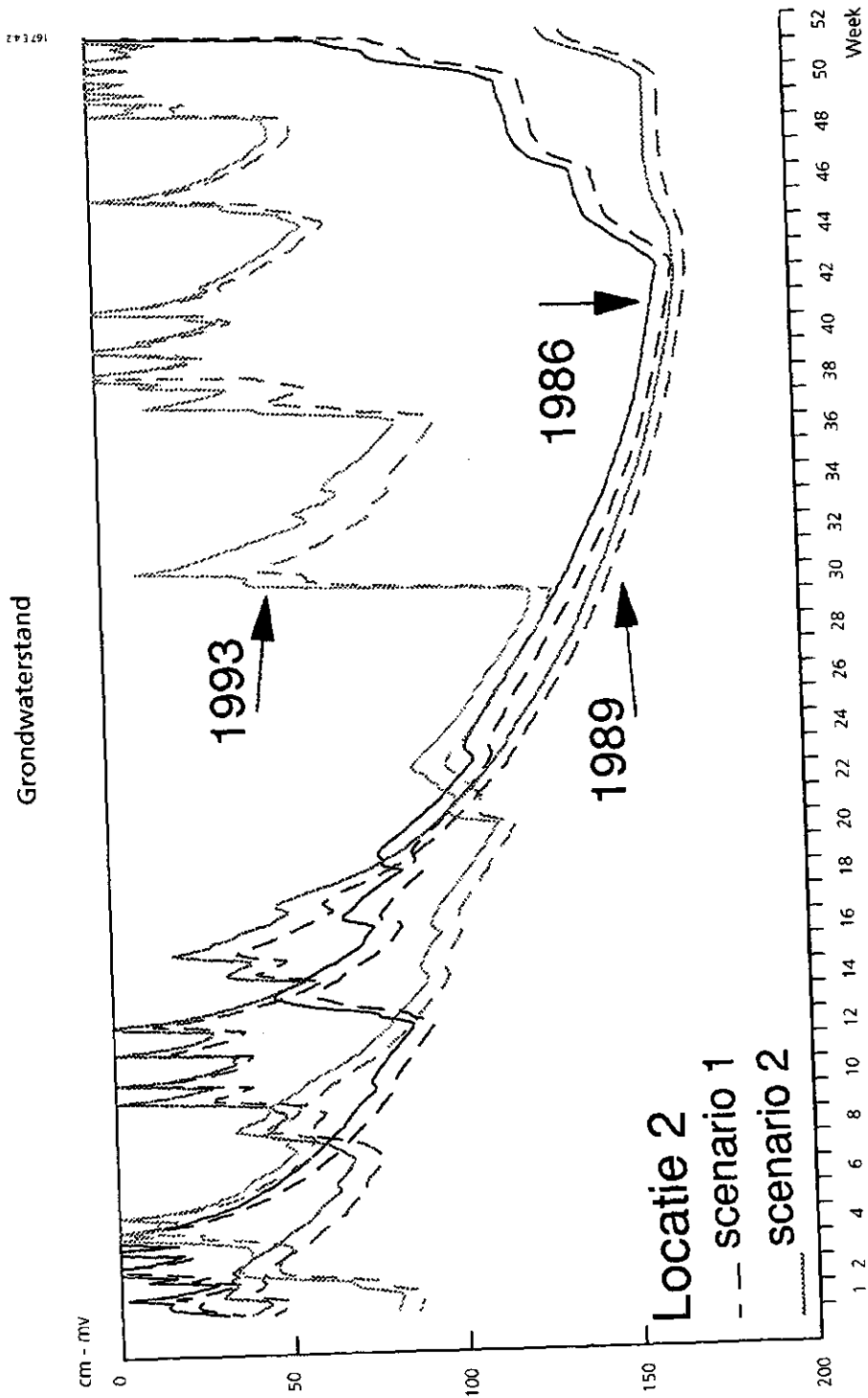
Aanhangsel 4

Gesimuleerde grondwaterstandsverlopen voor scenario 1 (huidige situatie) en 2 (stuwen gedurende gehele jaar omhoog) voor drie weerjaren (1986: gemiddeld, 1989: droog en 1993: extreem nat)

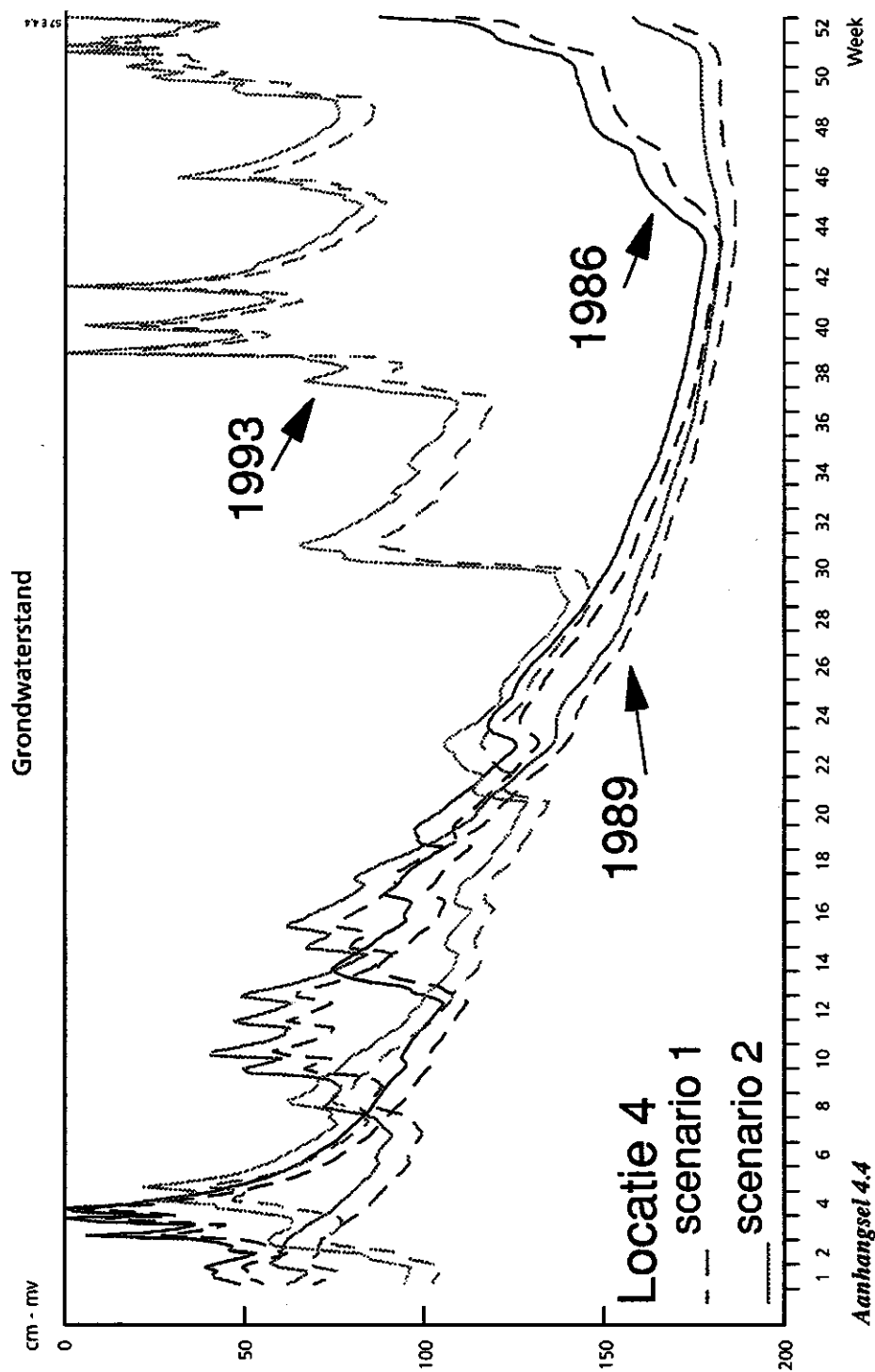


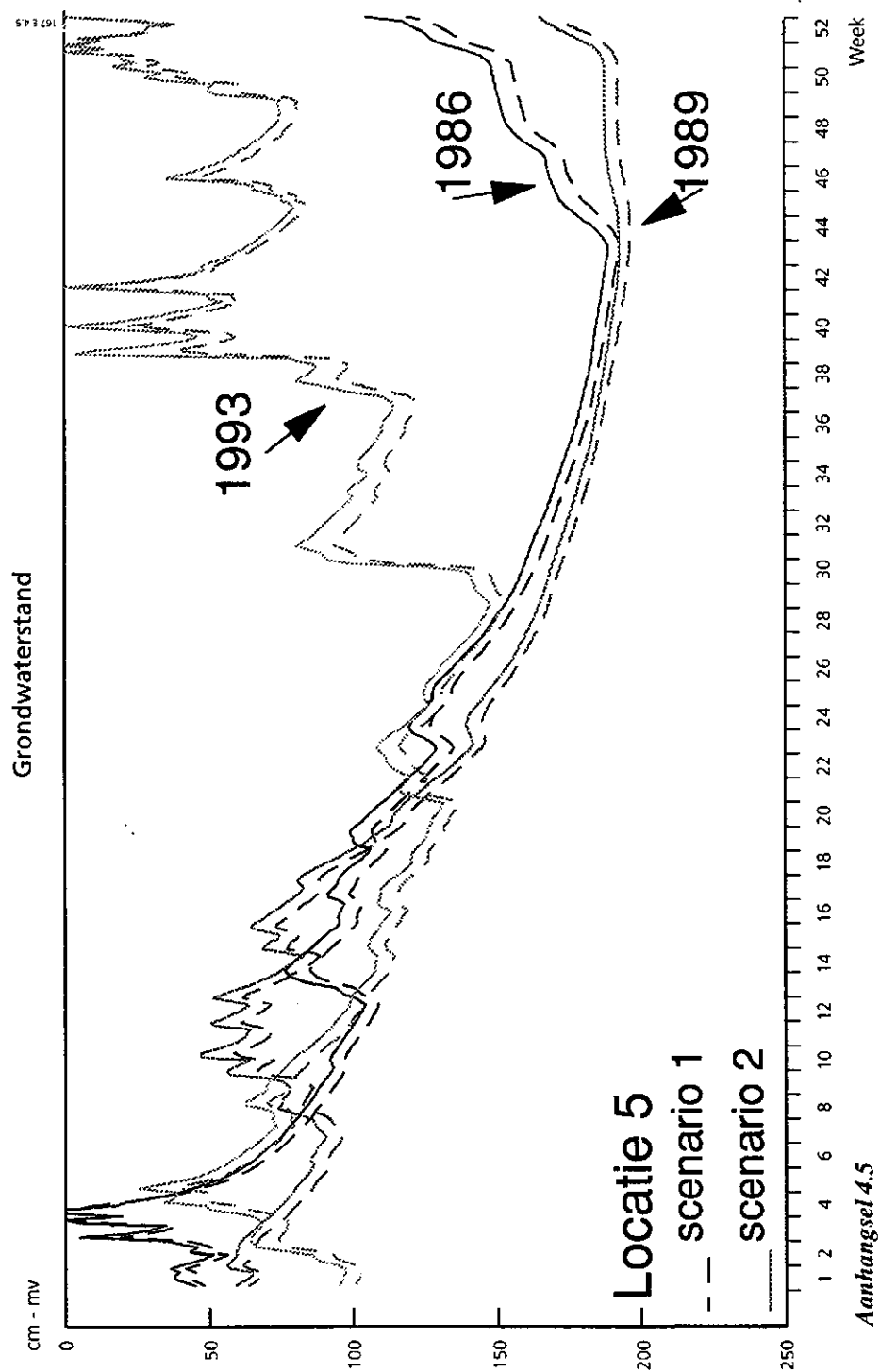
Aanhangsel 4.1

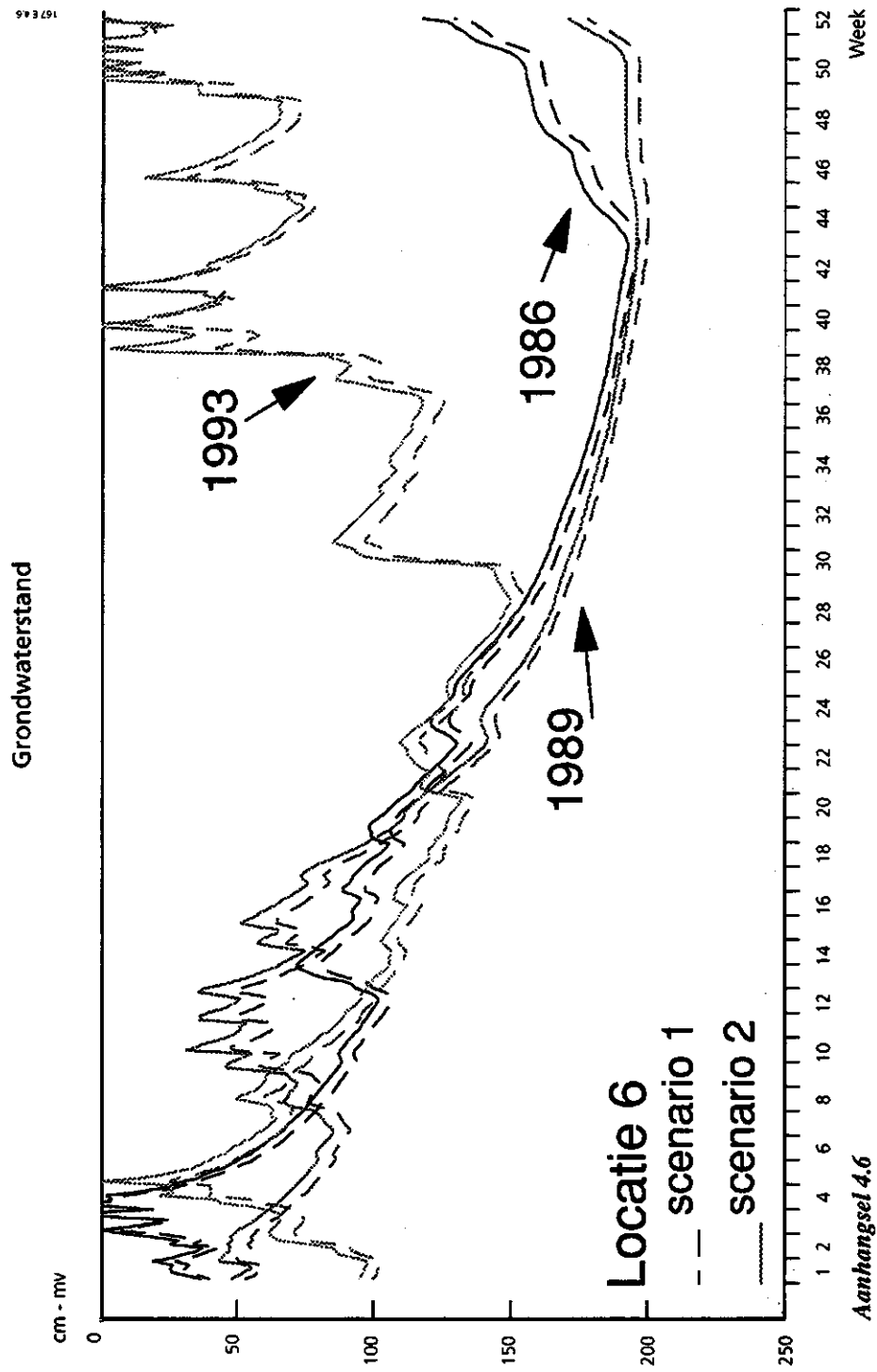


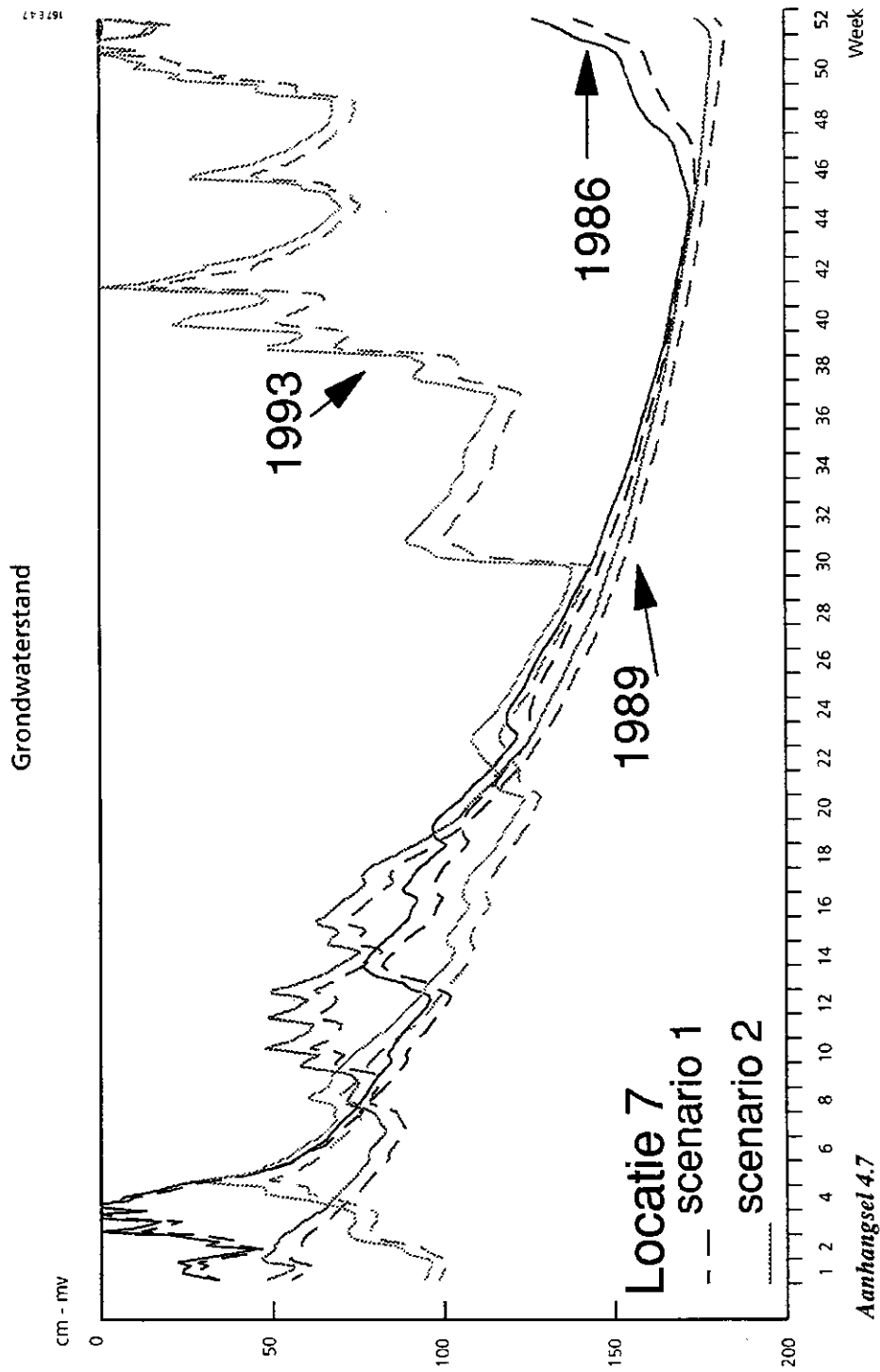


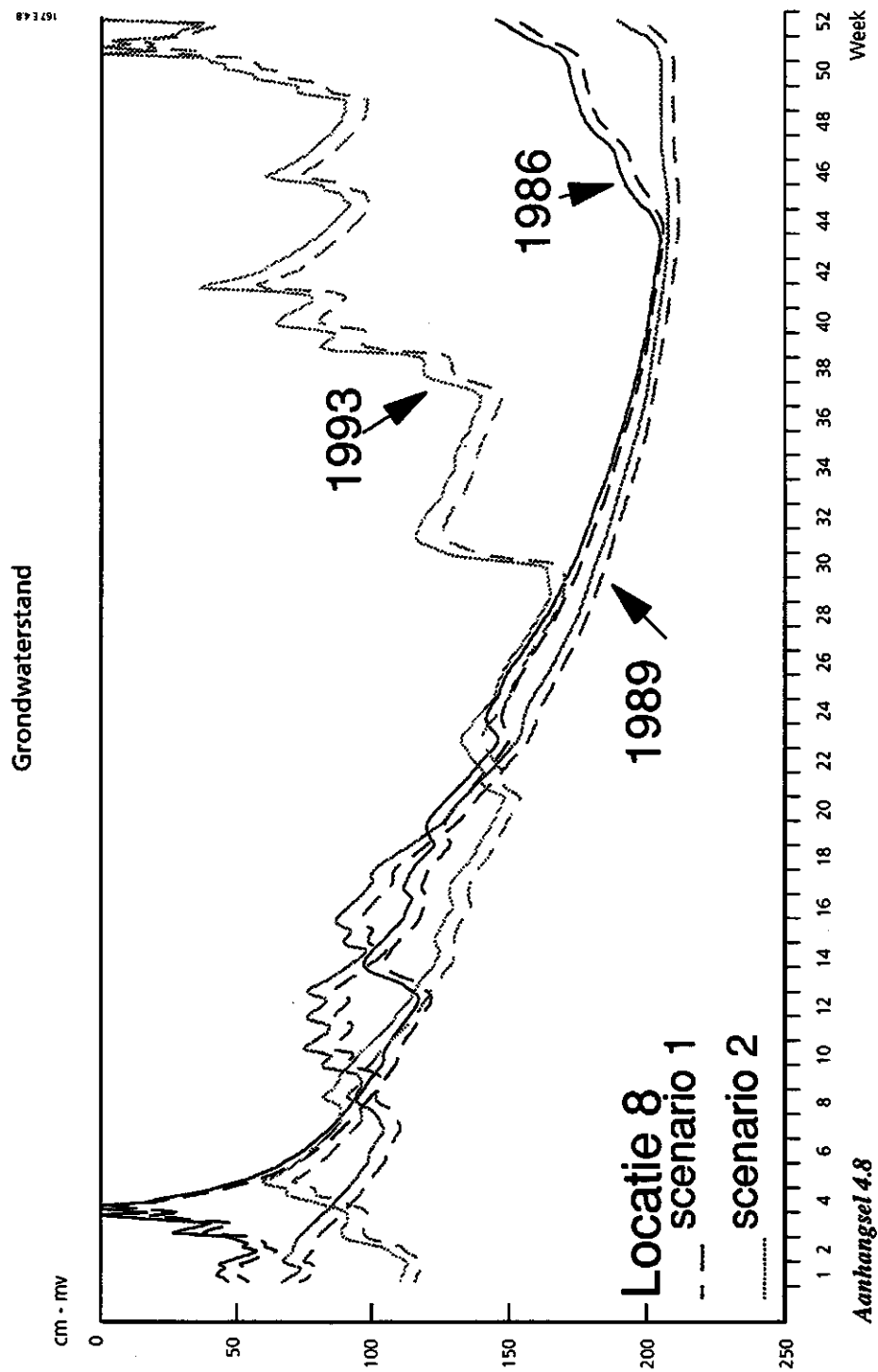
Aanhangsel 4.2











Aanhangsel 5

Gesimuleerd aantal werkbare dagen per maand in de basisruns voor drie weerjaren (1986: gemiddeld, 1989: droog en 1993: extreem nat)

Locatie	jaar	maand	scenario					
			1	2	3	4	5	6
1	1986	febr	28	28	28	28	28	28
	1986	mrt	15	20	15	15	20	20
	1986	april	24	28	24	24	24	26
	1986	mei	7	7	7	7	7	7
	Totaal		74	83	74	74	79	81
	1989	febr	28	28	28	28	28	28
	1989	mrt	31	31	31	31	31	31
	1989	april	30	30	30	30	30	30
	1989	mei	1	3	1	1	1	2
	Totaal		90	92	90	90	90	91
	1993	febr	28	28	28	28	28	28
	1993	mrt	13	21	13	13	18	19
	1993	april	8	8	8	8	8	8
	1993	mei	11	11	11	11	11	11
	Totaal		60	68	60	60	65	66
2	1986	febr	27	28	27	28	28	28
	1986	mrt	14	17	14	14	17	17
	1986	april	20	25	20	20	20	23
	1986	mei	6	7	6	6	6	6
	Totaal		67	77	67	68	71	74
	1989	febr	28	28	28	28	28	28
	1989	mrt	31	31	31	31	31	31
	1989	april	30	30	30	30	30	30
	1989	mei	1	2	1	1	1	1
	Totaal		90	91	90	90	90	90
	1993	febr	28	28	28	28	28	28
	1993	mrt	11	16	11	11	16	16
	1993	april	8	8	8	8	8	8
	1993	mei	11	11	11	11	11	11
	Totaal		58	63	58	58	63	63
3	1986	febr	0	0	0	0	0	0
	1986	mrt	0	0	0	0	0	0
	1986	april	0	0	0	0	0	0
	1986	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		0	0	0	0	0	0

Locatie	jaar	maand	scenario					
			1	2	3	4	5	6
4	1989	febr	0	0	0	0	0	0
	1989	mrt	0	0	0	0	0	0
	1989	april	0	0	0	0	0	0
	1989	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		0	0	0	0	0	0
	1993	febr	0	0	0	0	0	0
	1993	mrt	0	0	0	0	0	0
	1993	april	0	0	0	0	0	0
	1993	mei	1	1	1	1	1	1
	Totaal		1	1	1	1	1	1
	1986	febr	4	9	4	9	9	9
	1986	mrt	9	9	9	9	9	9
	1986	april	4	4	4	4	4	4
	1986	mei	2	2	2	2	2	2
	Totaal		19	24	19	24	24	24
	1989	febr	10	12	10	12	12	12
	1989	mrt	22	28	22	22	28	28
	1989	april	9	13	9	9	9	11
	1989	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		41	53	41	43	49	51
	1993	febr	16	25	16	25	25	25
	1993	mrt	1	3	1	1	3	3
	1993	april	4	4	4	4	4	4
	1993	mei	9	9	9	9	9	9
	Totaal		30	41	30	39	41	41
5	1986	febr	0	0	0	0	0	0
	1986	mrt	0	0	0	0	0	0
	1986	april	0	0	0	0	0	0
	1986	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		0	0	0	0	0	0
	1989	febr	0	0	0	0	0	0
	1989	mrt	2	2	2	2	2	2
	1989	april	1	1	1	1	1	1
	1989	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		3	3	3	3	3	3
	1993	febr	0	0	0	0	0	0
	1993	mrt	0	0	0	0	0	0
	1993	april	0	0	0	0	0	0
	1993	mei	1	1	1	1	1	1
	Totaal		1	1	1	1	1	1

Locatie	jaar	maand	scenario					
			1	2	3	4	5	6
6	1986	febr	0	0	0	0	0	0
	1986	mrt	0	0	0	0	0	0
	1986	april	0	0	0	0	0	0
	1986	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		0	0	0	0	0	0
	1989	febr	0	0	0	0	0	0
	1989	mrt	2	8	2	2	8	8
	1989	april	1	1	1	1	1	1
	1989	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		3	9	3	3	9	9
	1993	febr	0	3	0	3	3	3
	1993	mrt	0	0	0	0	0	0
	1993	april	0	0	0	0	0	0
	1993	mei	1	1	1	1	1	1
	Totaal		1	4	1	4	4	4
7	1986	febr	7	8	7	8	8	8
	1986	mrt	8	9	8	8	9	9
	1986	april	3	4	3	3	3	3
	1986	mei	2	2	2	2	2	2
	Totaal		20	23	20	21	22	22
	1989	febr	9	10	9	10	10	10
	1989	mrt	13	24	13	13	24	24
	1989	april	7	10	7	7	7	8
	1989	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		29	44	29	30	41	42
	1993	febr	12	19	12	19	19	19
	1993	mrt	0	1	0	0	1	1
	1993	april	3	3	3	3	3	3
	1993	mei	9	9	9	9	9	9
	Totaal		24	32	24	31	32	32
8	1986	febr	0	0	0	0	0	0
	1986	mrt	0	0	0	0	0	0
	1986	april	0	0	0	0	0	0
	1986	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		0	0	0	0	0	0
	1989	febr	0	0	0	0	0	0
	1989	mrt	1	1	1	1	1	1
	1989	april	0	1	0	0	0	0
	1989	mei	0	0	0	0	0	0
	Totaal		1	2	1	1	1	1
	1993	febr	0	0	0	0	0	0
	1993	mrt	0	0	0	0	0	0
	1993	april	0	0	0	0	0	0
	1993	mei	1	1	1	1	1	1
	Totaal		1	1	1	1	1	1

Aanhangsel 6

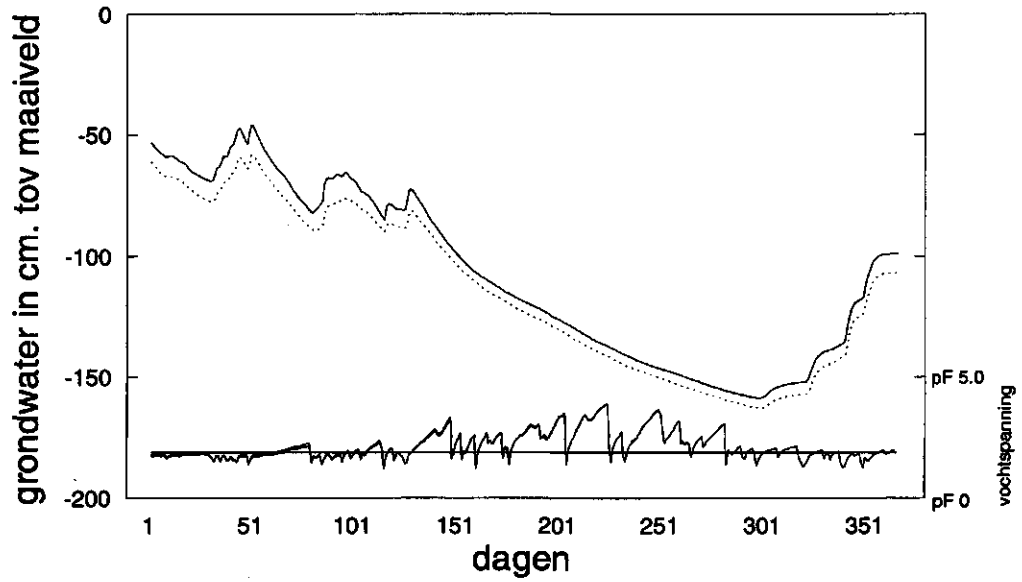
Gesimuleerde grondwaterstandsverlopen en zuigspanningen in de bodemlaag van '0-5 cm', definitief scenario voor weerjaren 1964, 1969, 1970, 1971 en 1981 resp. 5; 50; 90; 25 en 75% droog

Verklaring van de curven:

Scenario 1 (huidig peilbeheer)
Scenario 2 (definitief scenario, flexibel peilbeheer ná 1 april)	_____
Scenario 3 (definitief scenario zonder flexibel peilbeheer)	- - - - -

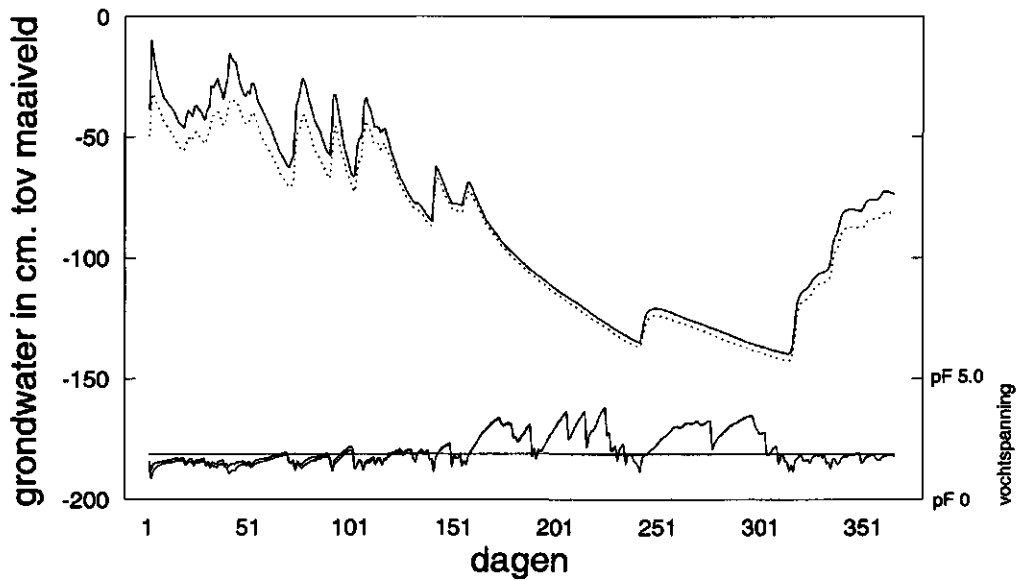
Locatie 1

1964

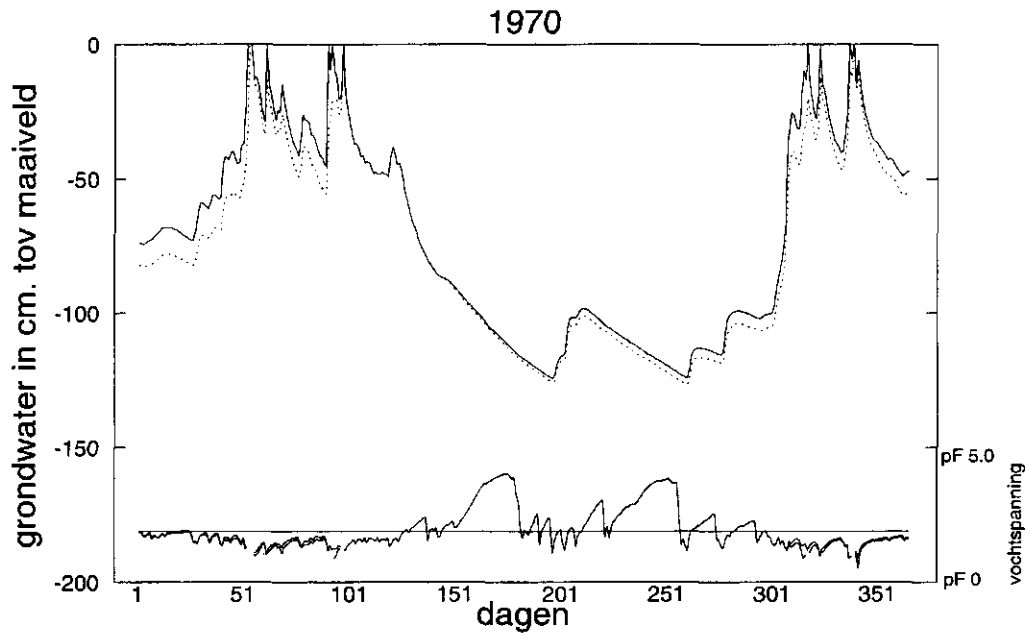


Locatie 1

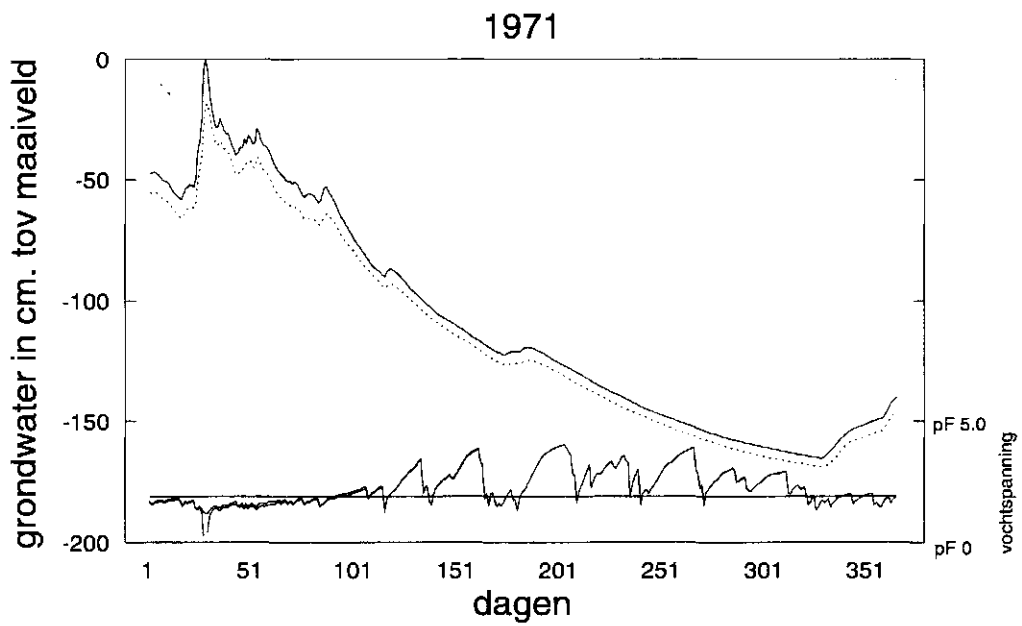
1969



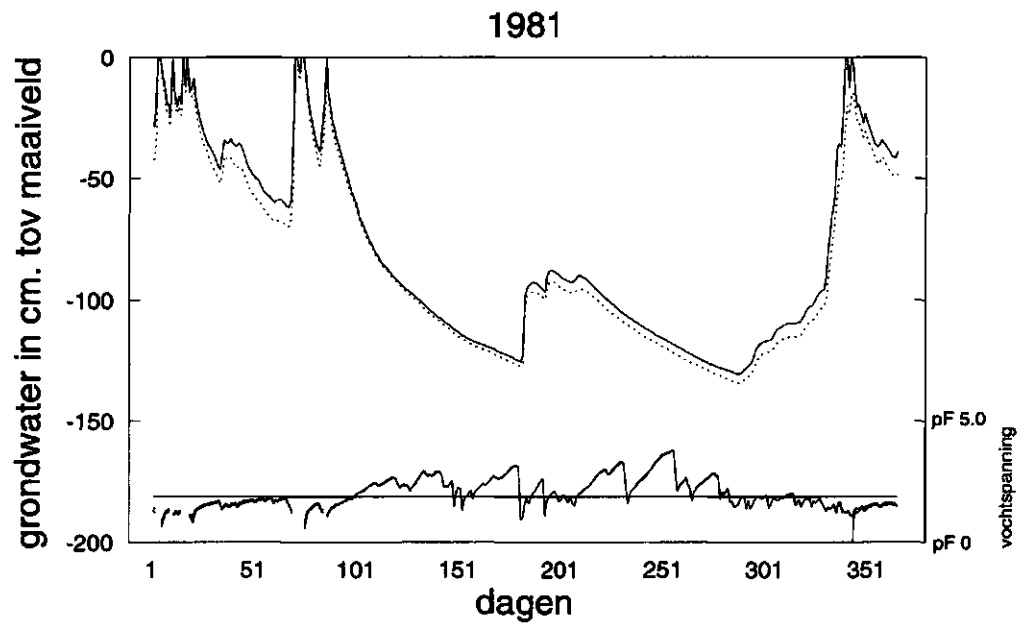
Locatie 1



Locatie 1

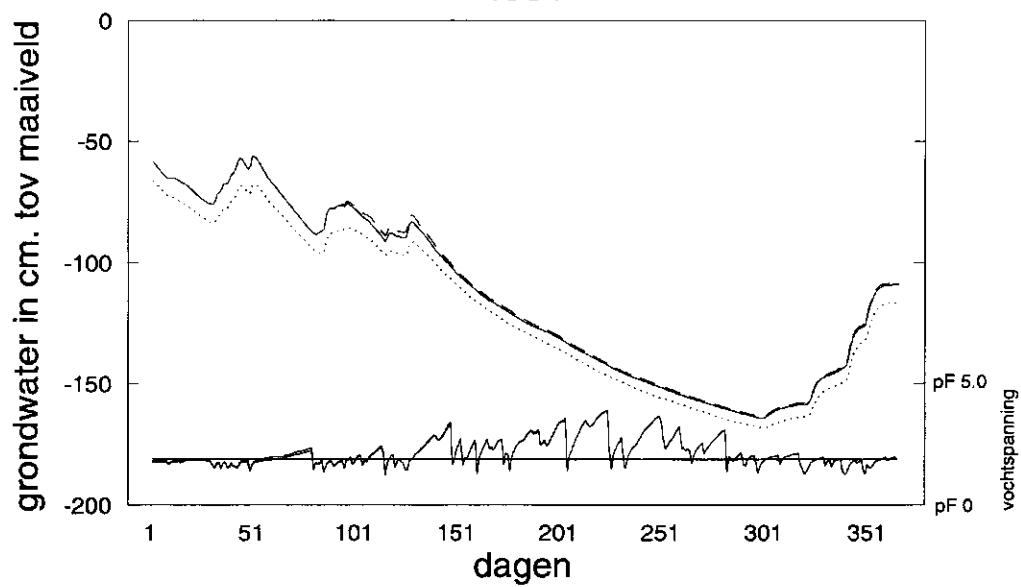


Locatie 1



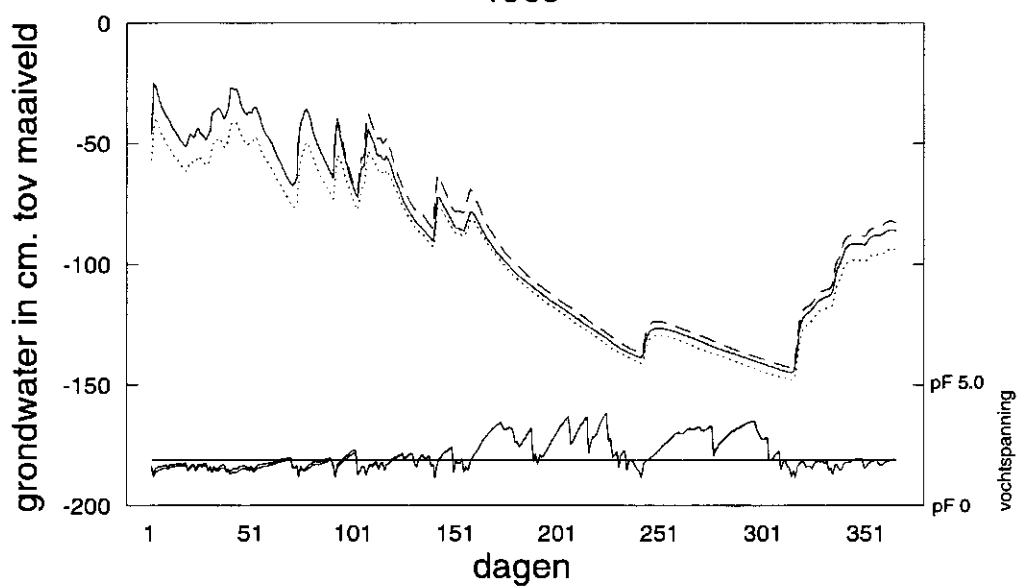
Locatie 2

1964



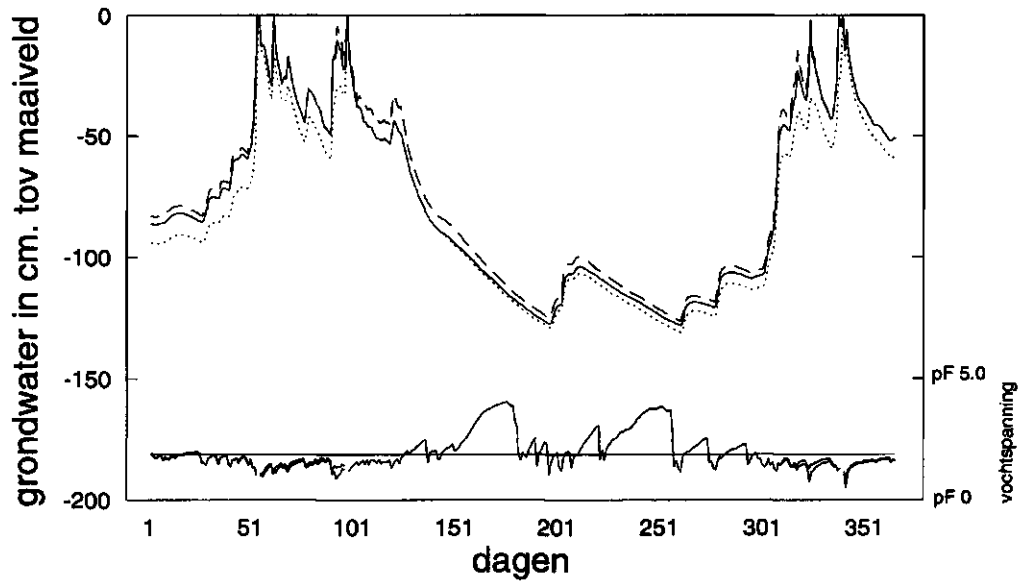
Locatie 2

1969



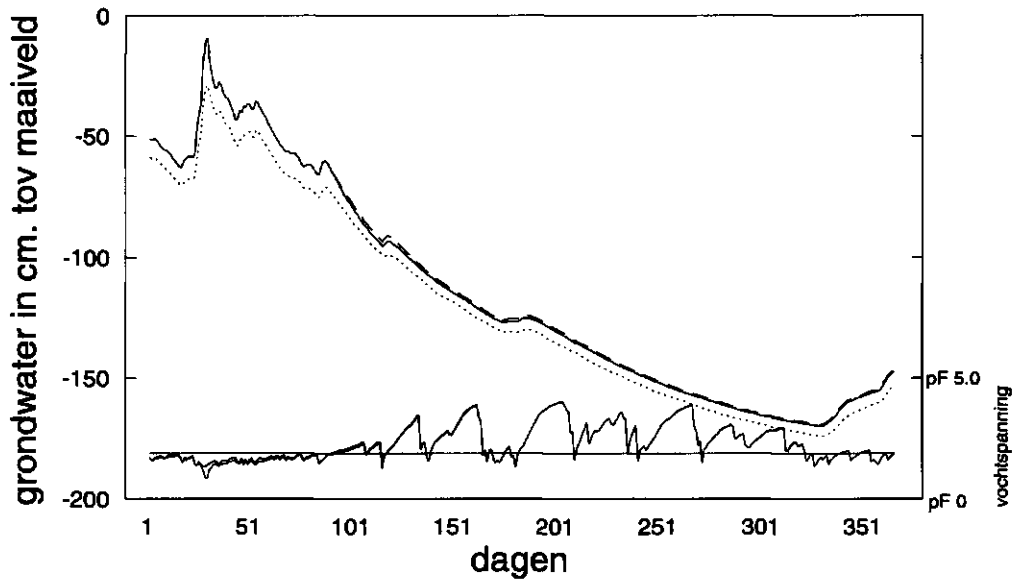
Locatie 2

1970



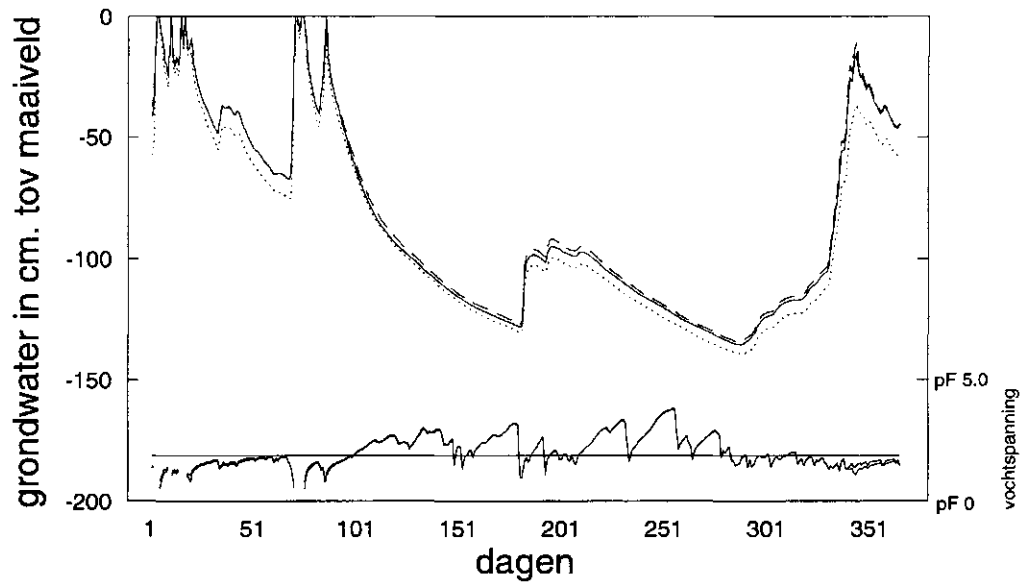
Locatie 2

1971



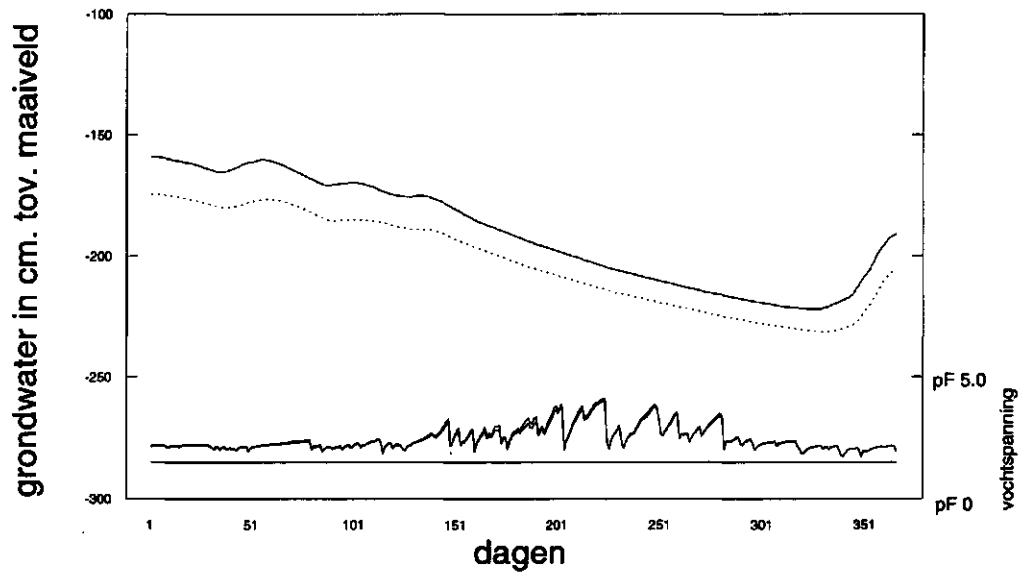
Locatie 2

1981



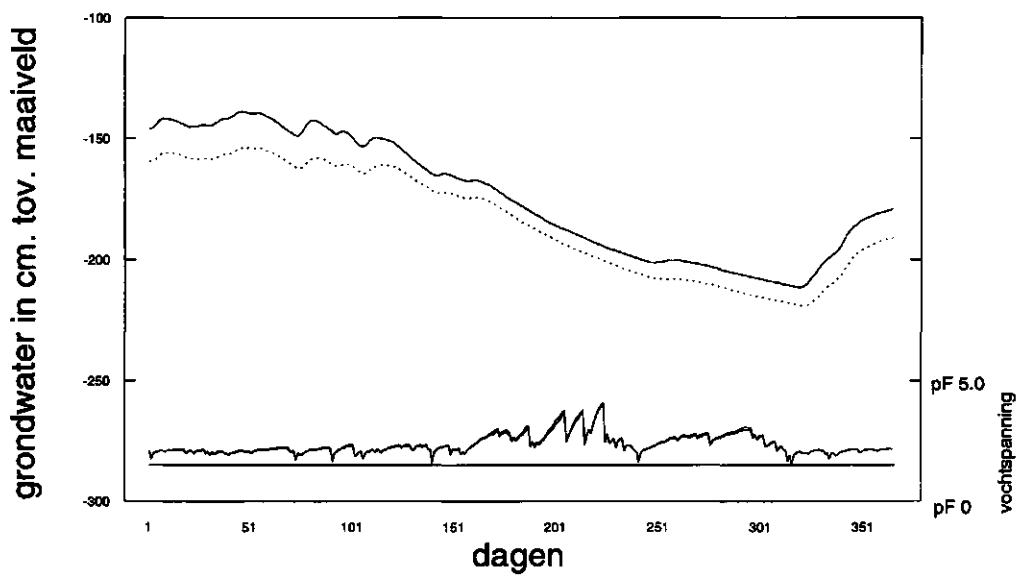
Locatie 3

1964



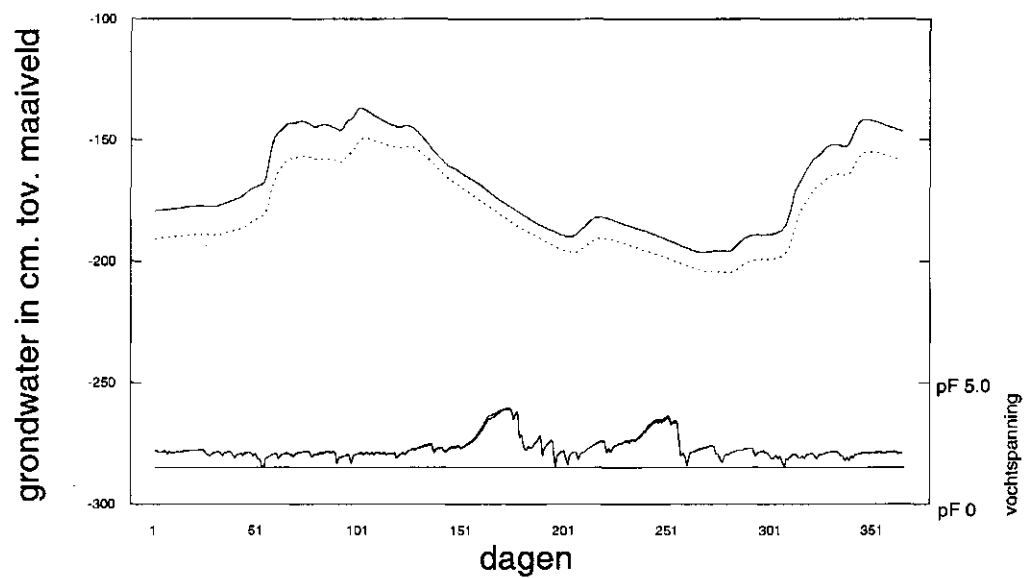
Locatie 3

1969



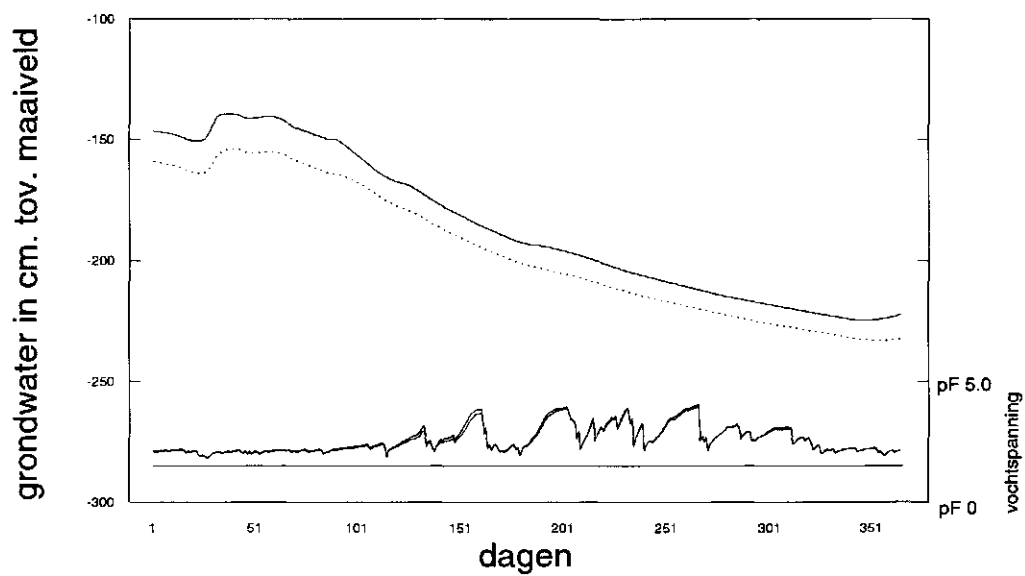
Locatie 3

1970



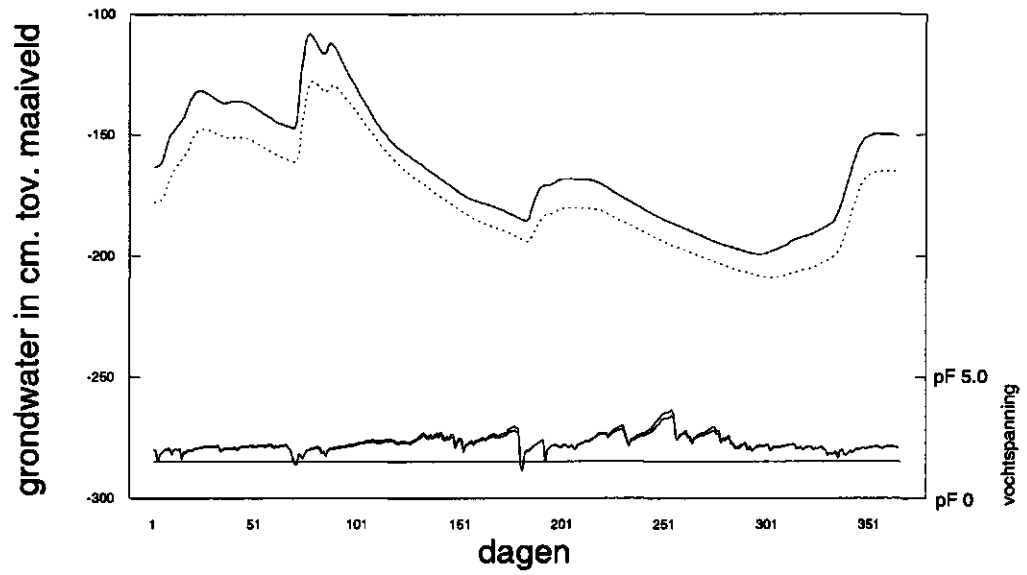
Locatie 3

1971



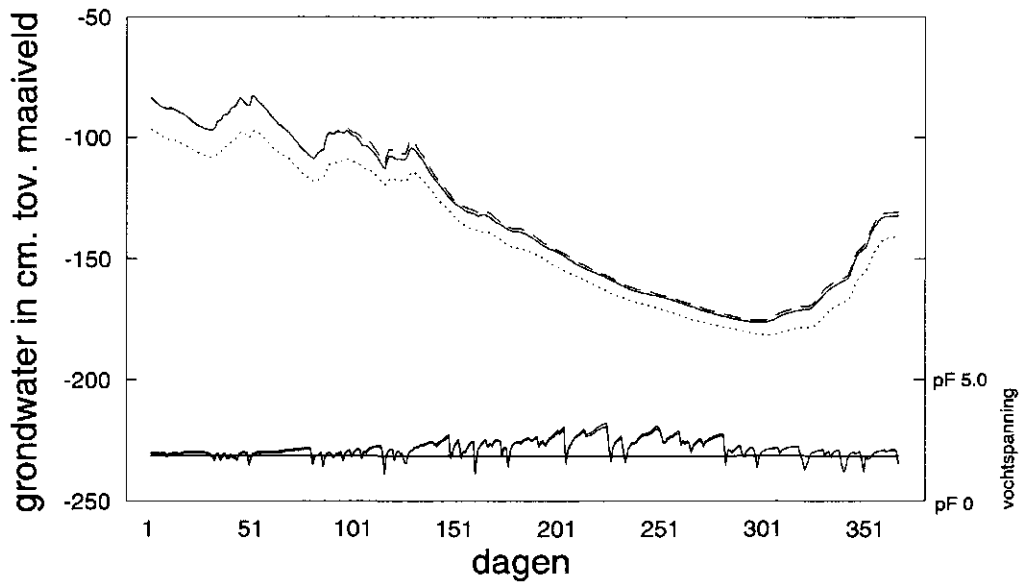
Locatie 3

1981



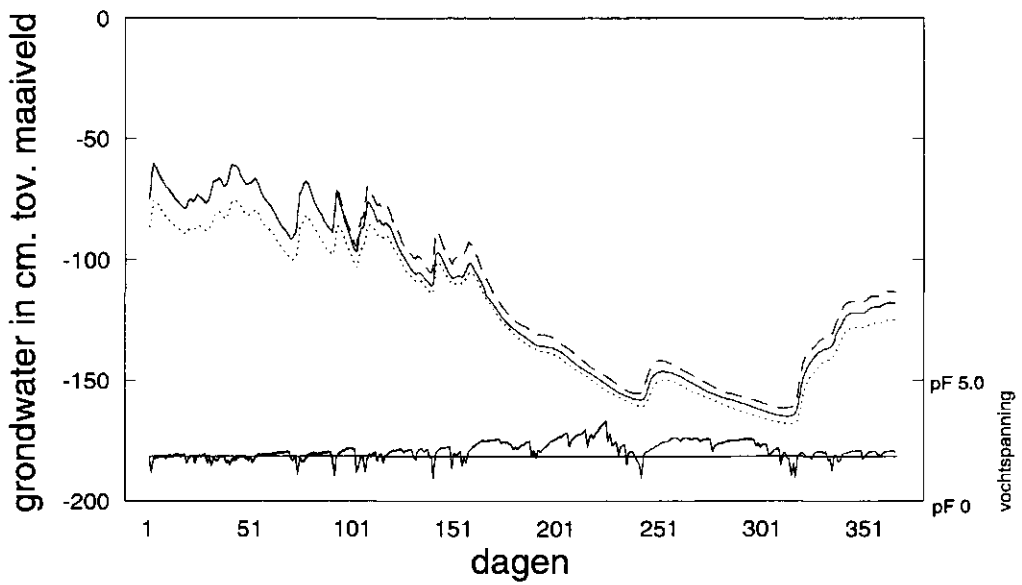
Locatie 4

1964



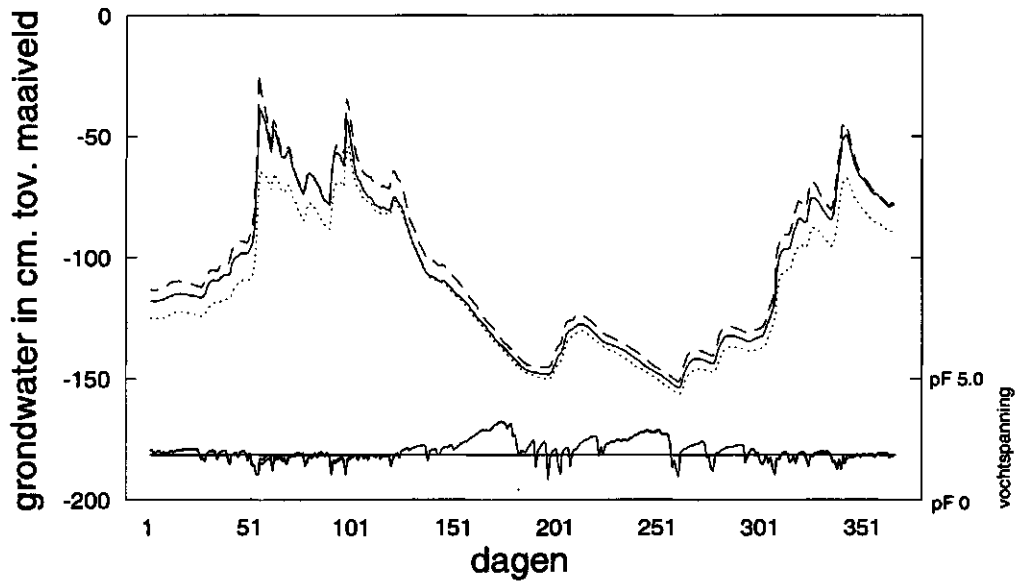
Locatie 4

1969



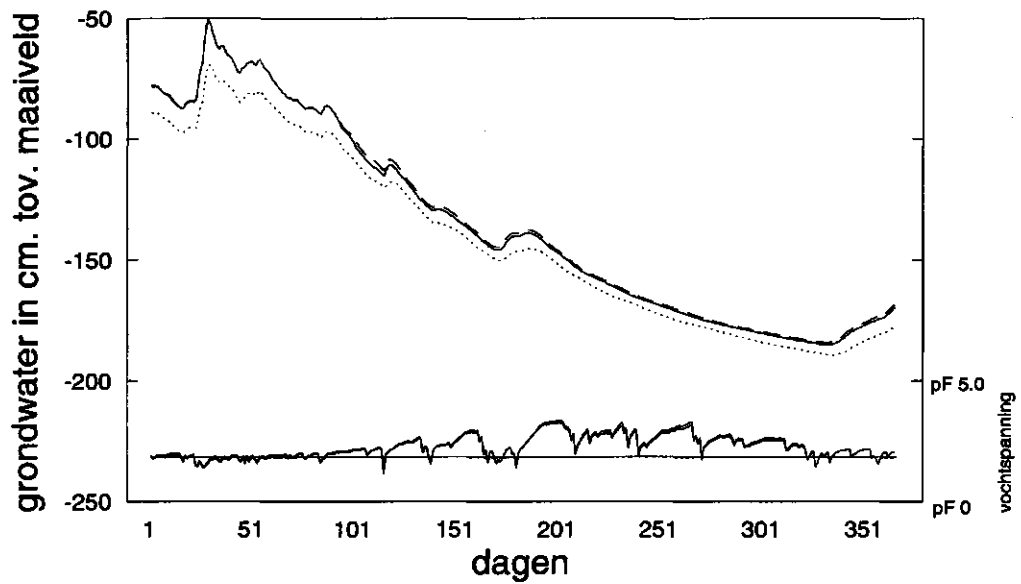
Locatie 4

1970



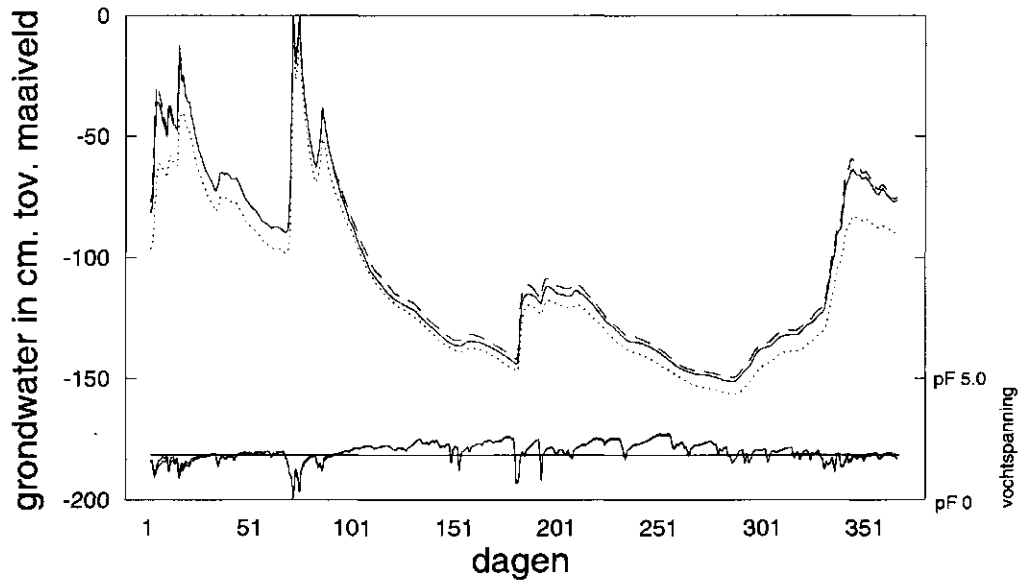
Locatie 4

1971



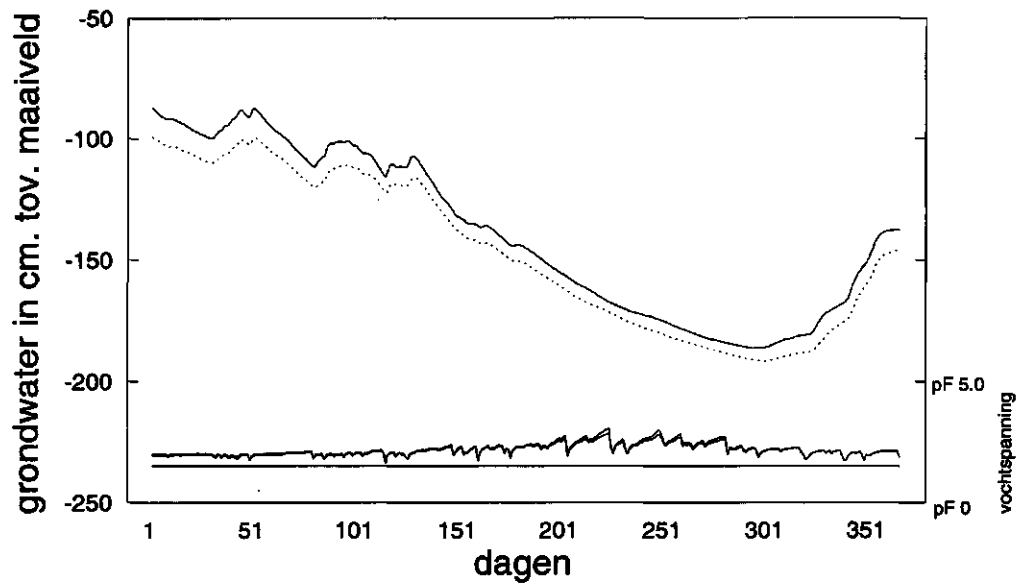
Locatie 4

1981



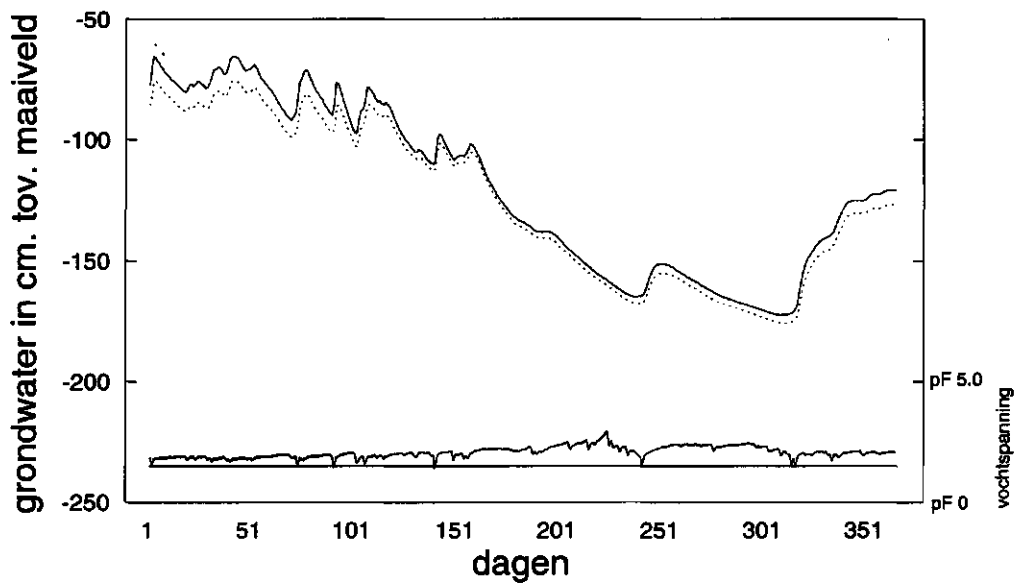
Locatie 5

1964



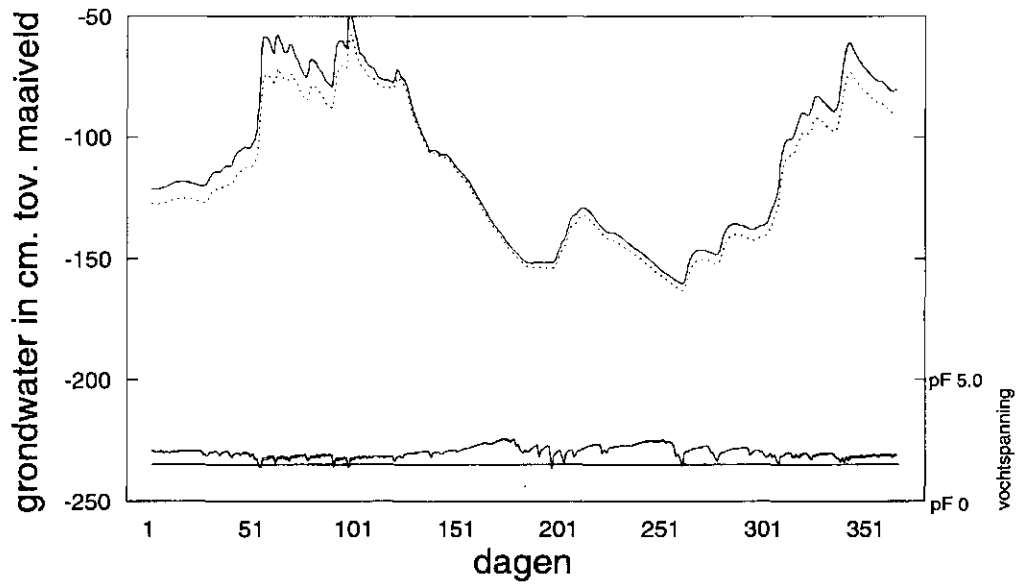
Locatie 5

1969



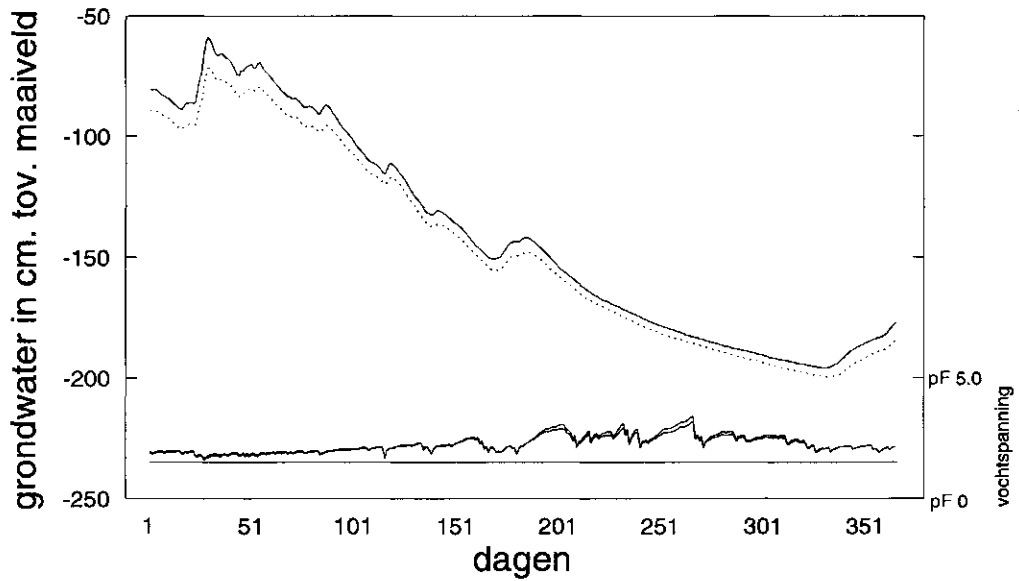
Locatie 5

1970



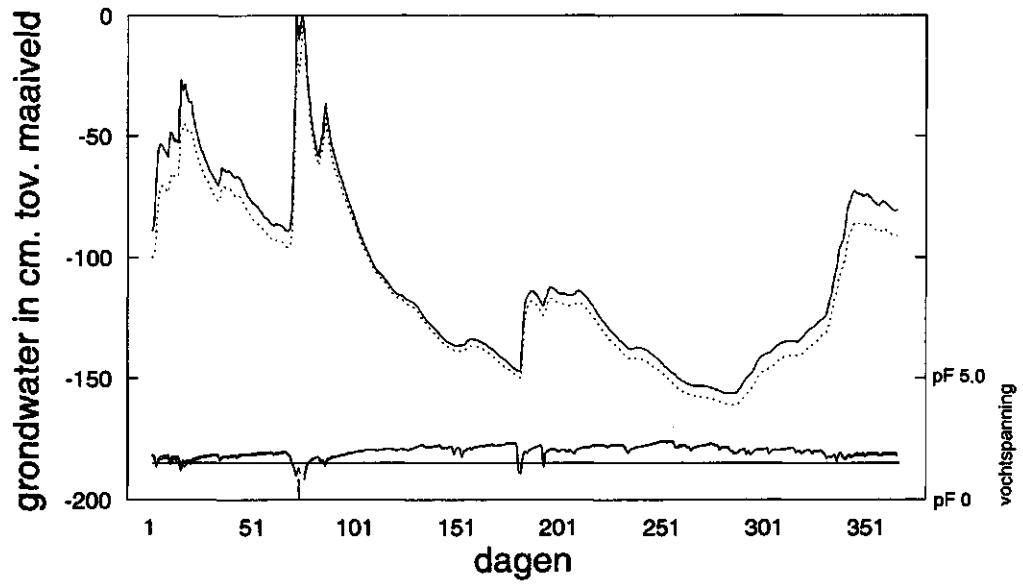
Locatie 5

1971



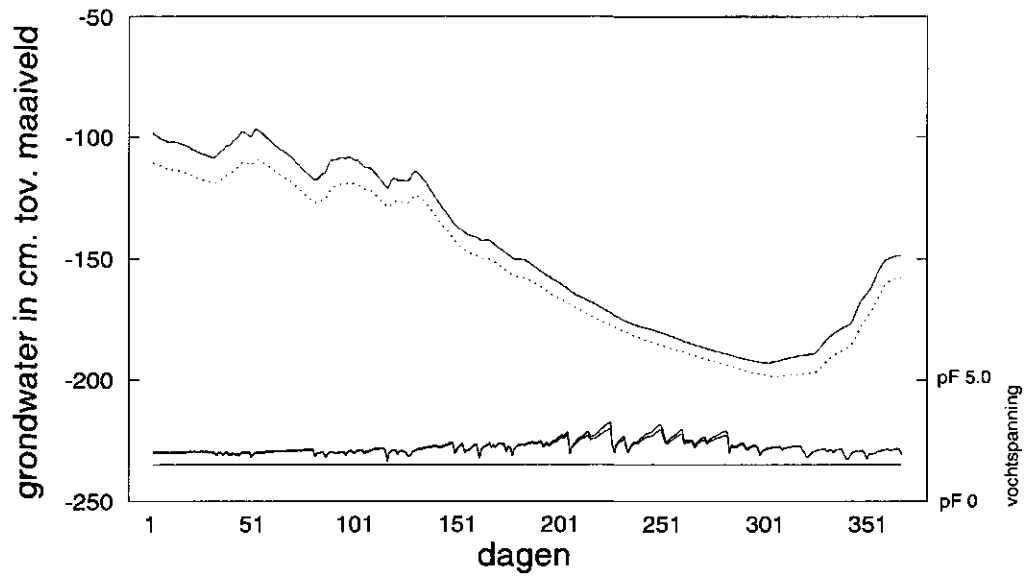
Locatie 5

1981



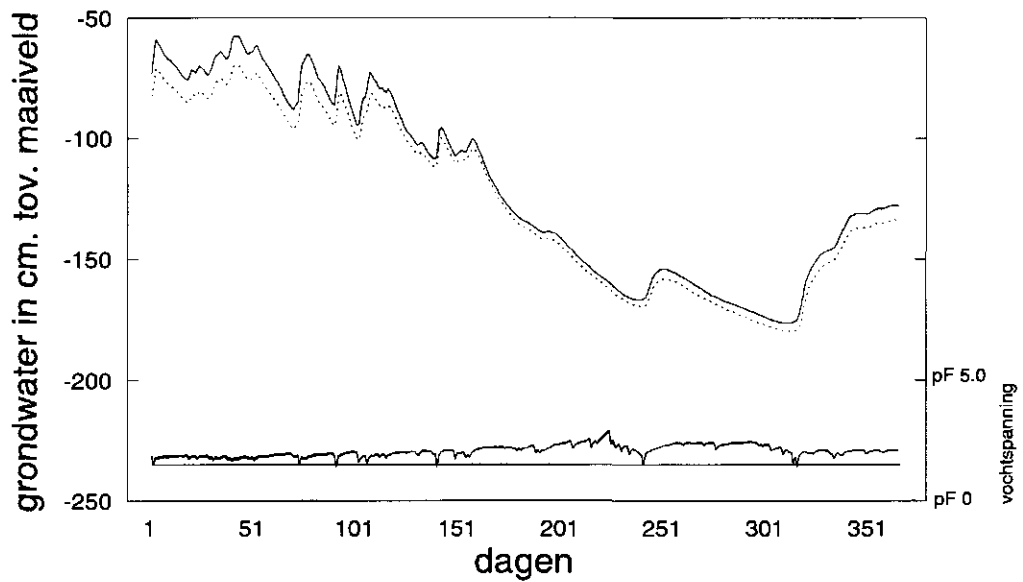
Locatie 6

1964



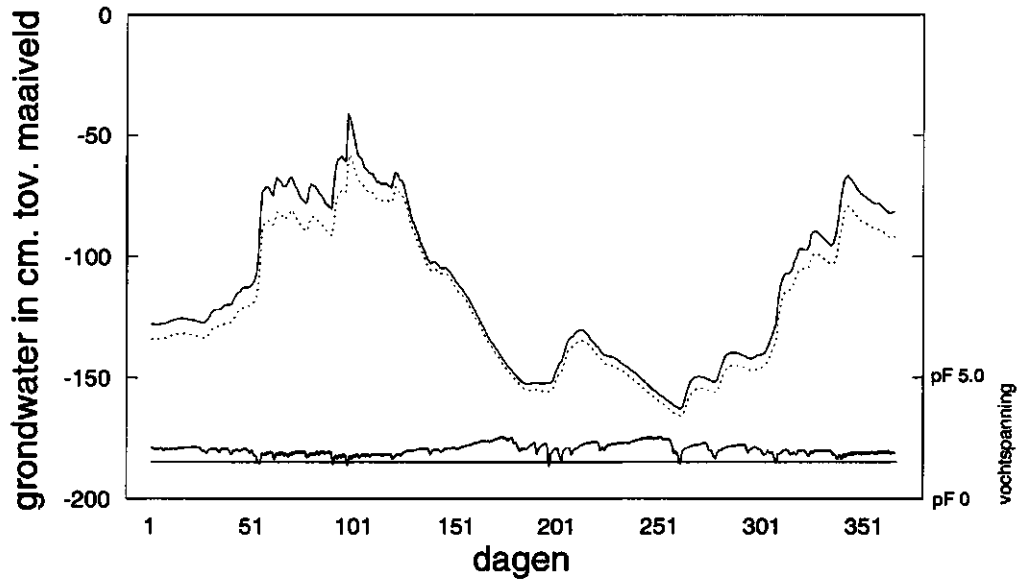
Locatie 6

1969



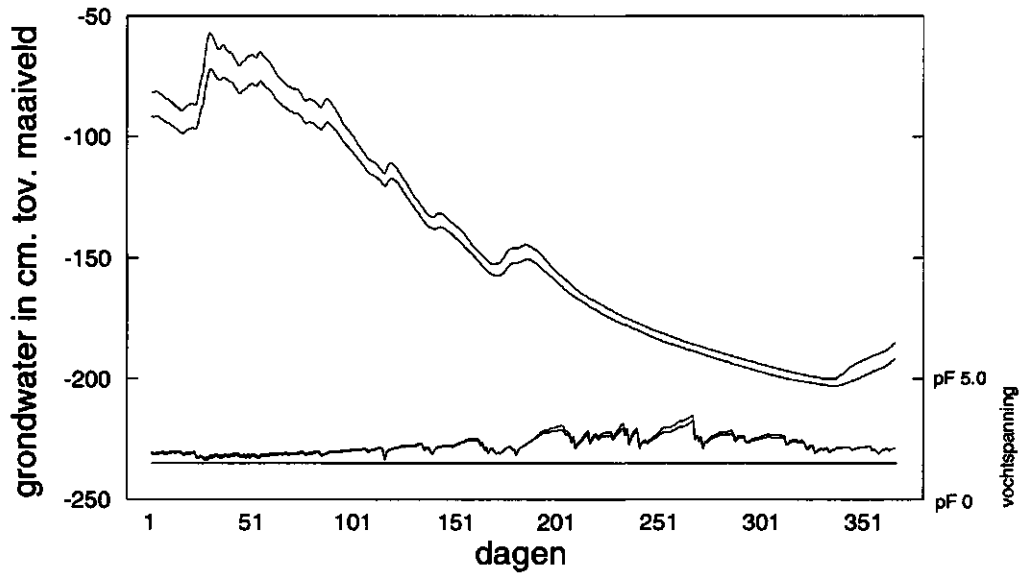
Locatie 6

1970



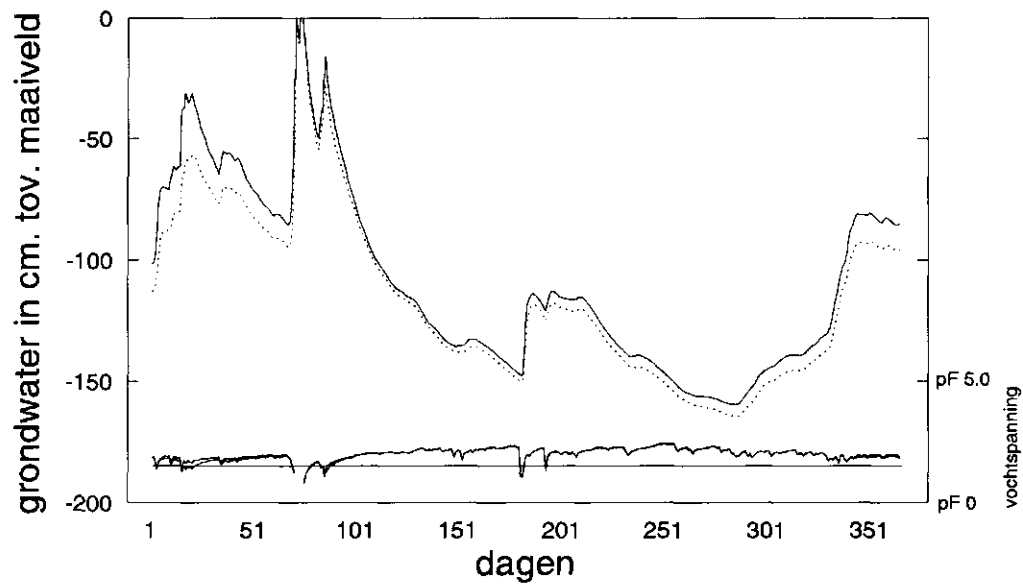
Locatie 6

1971



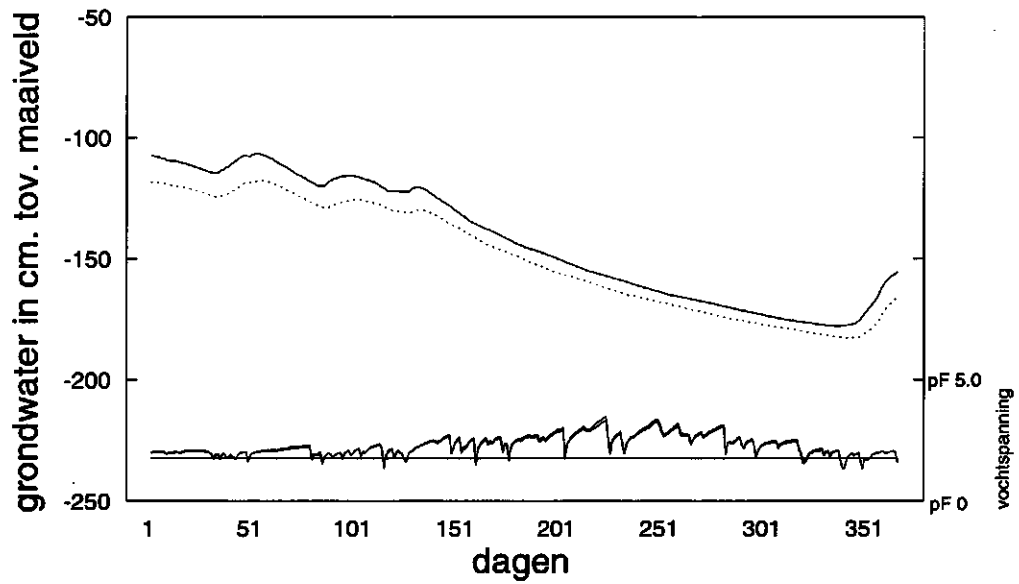
Locatie 6

1981



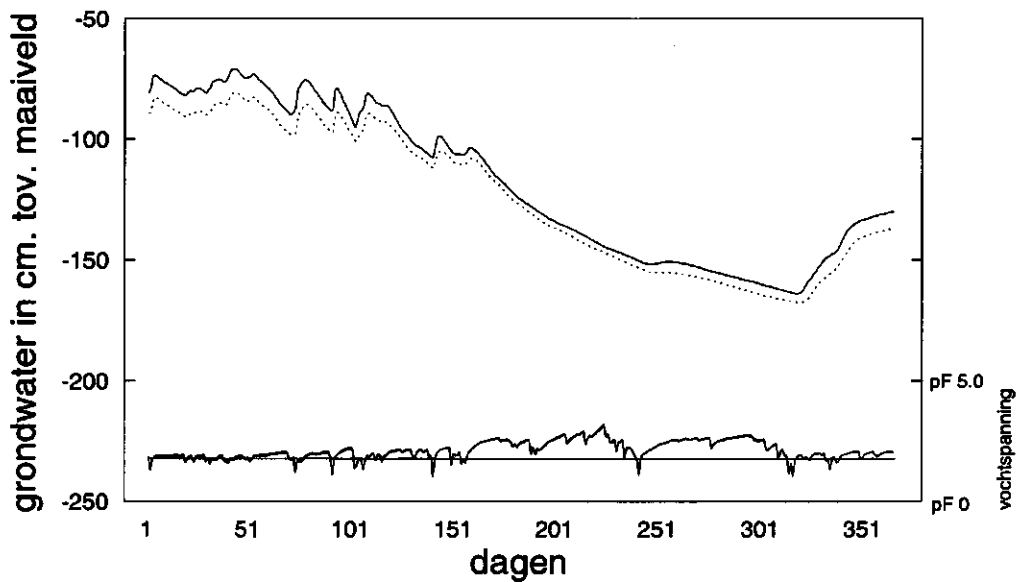
Locatie 7

1964



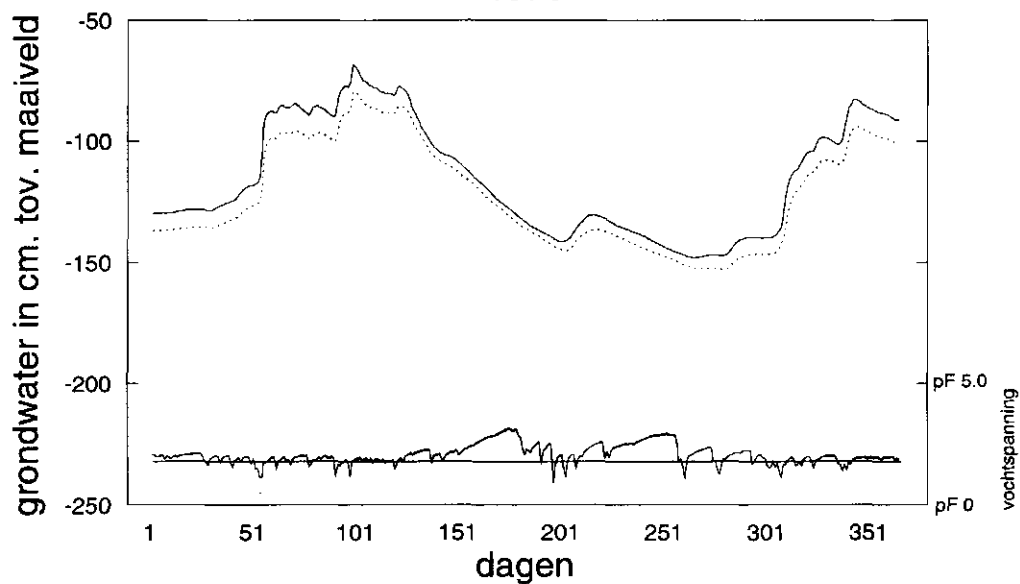
Locatie 7

1969



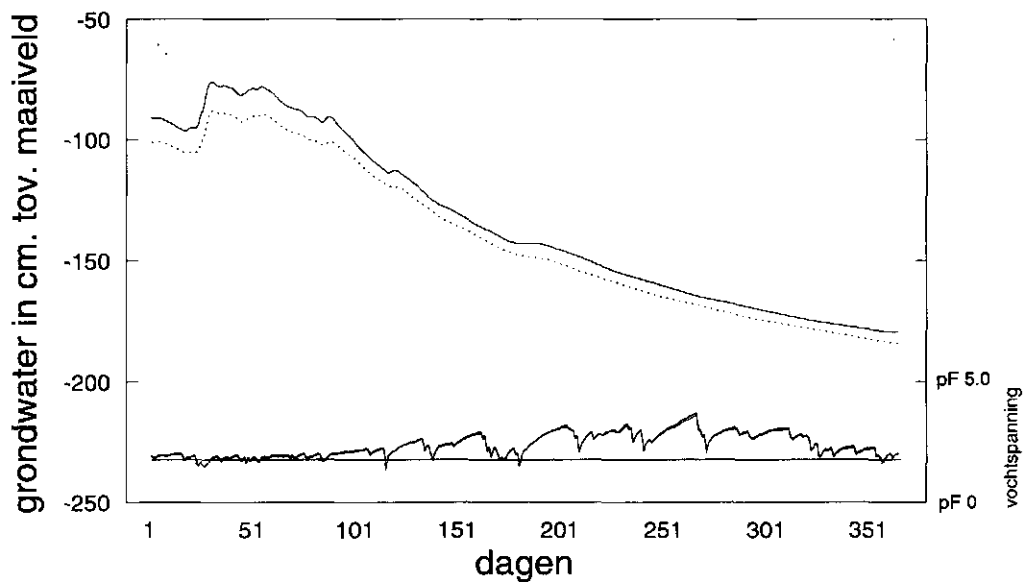
Locatie 7

1970



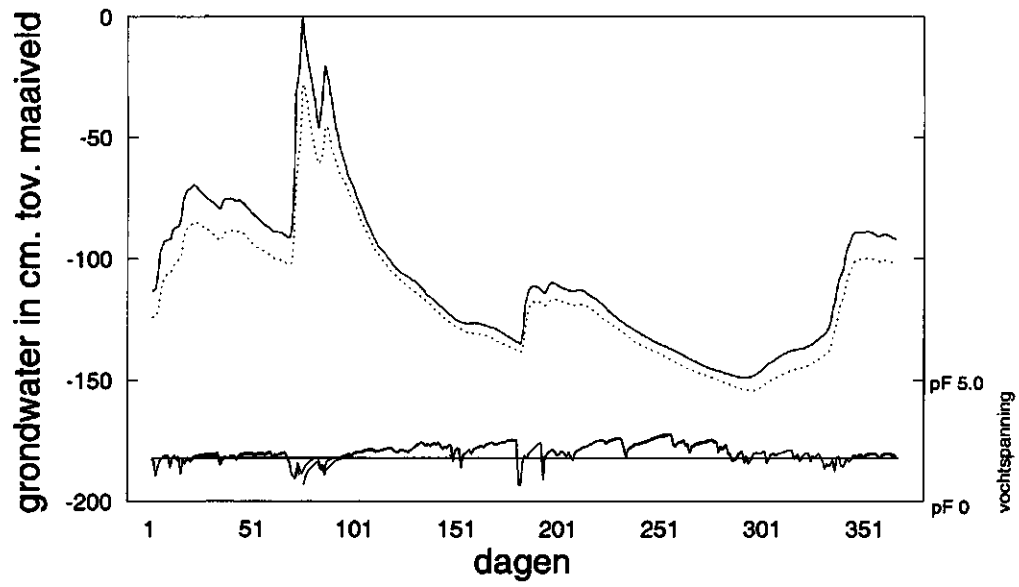
Locatie 7

1971



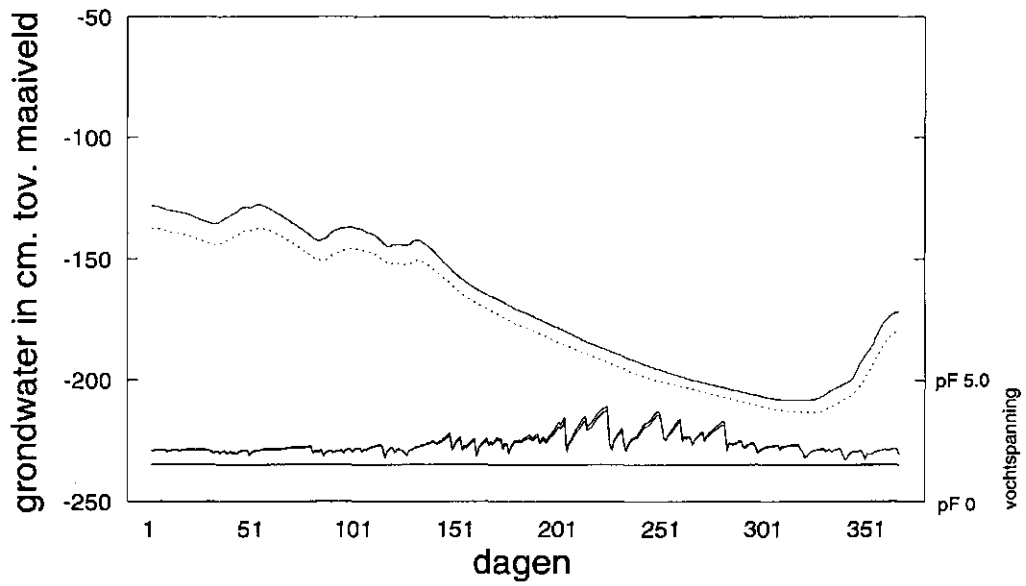
Locatie 7

1981



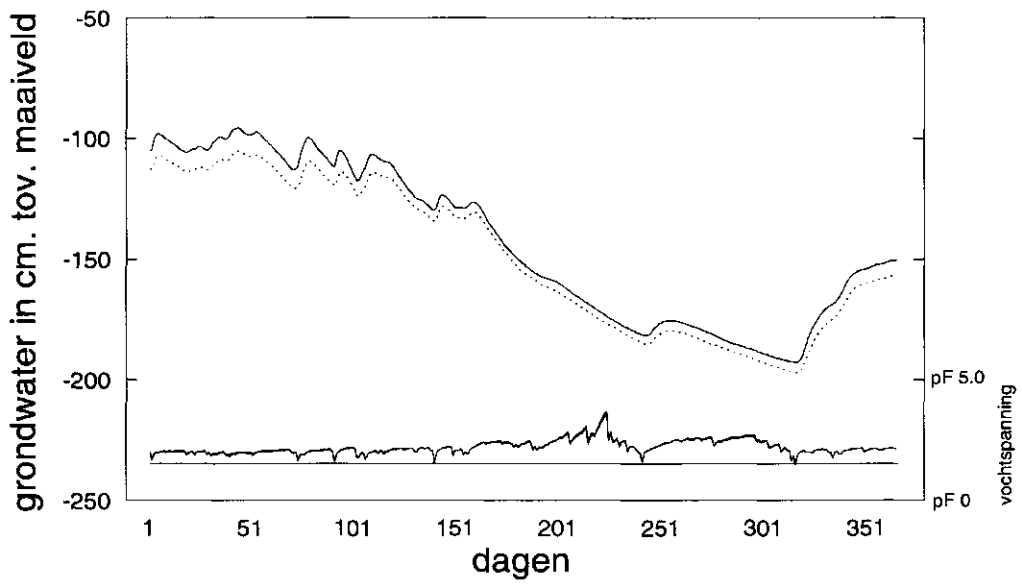
Locatie 8

1964



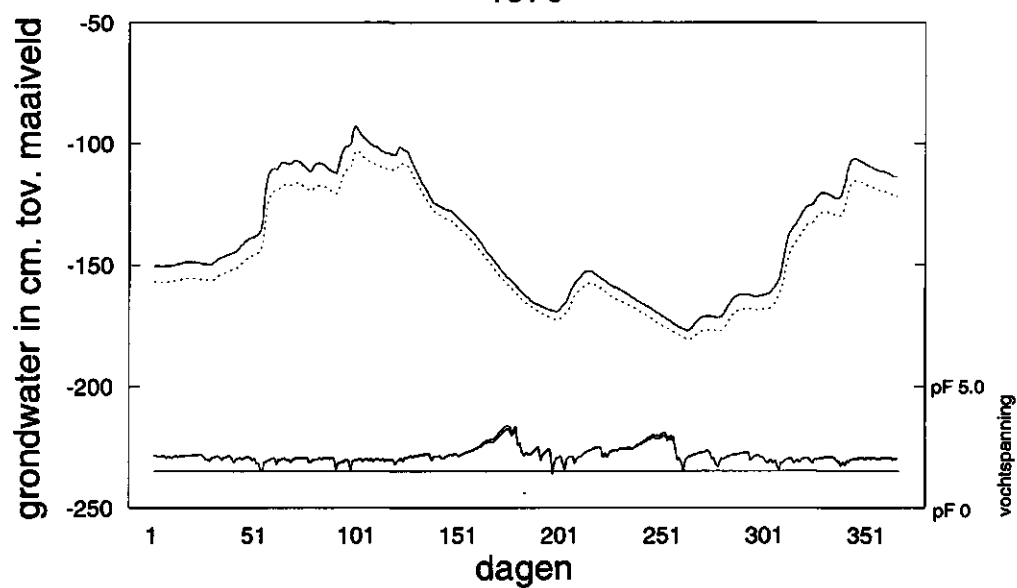
Locatie 8

1969



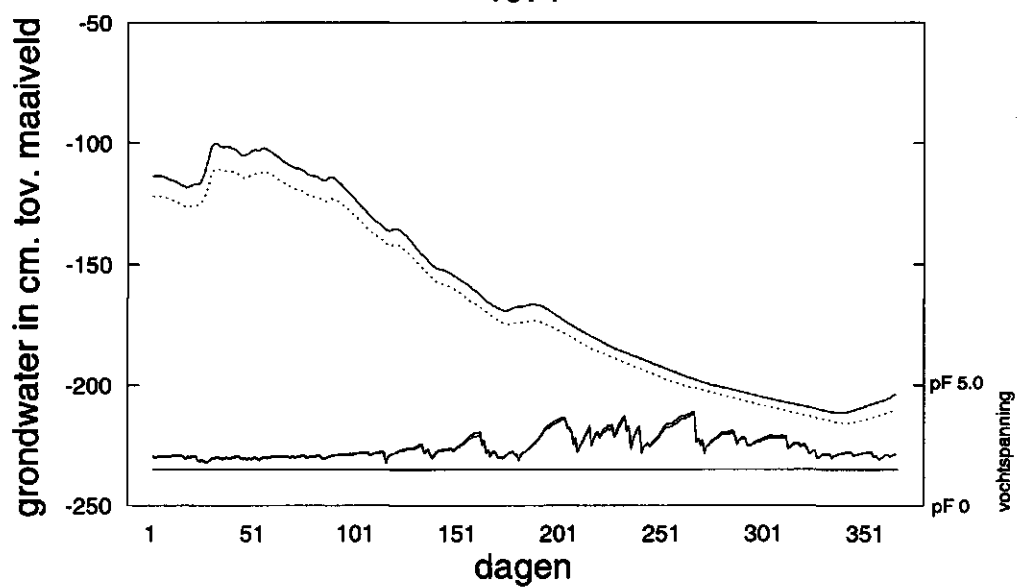
Locatie 8

1970



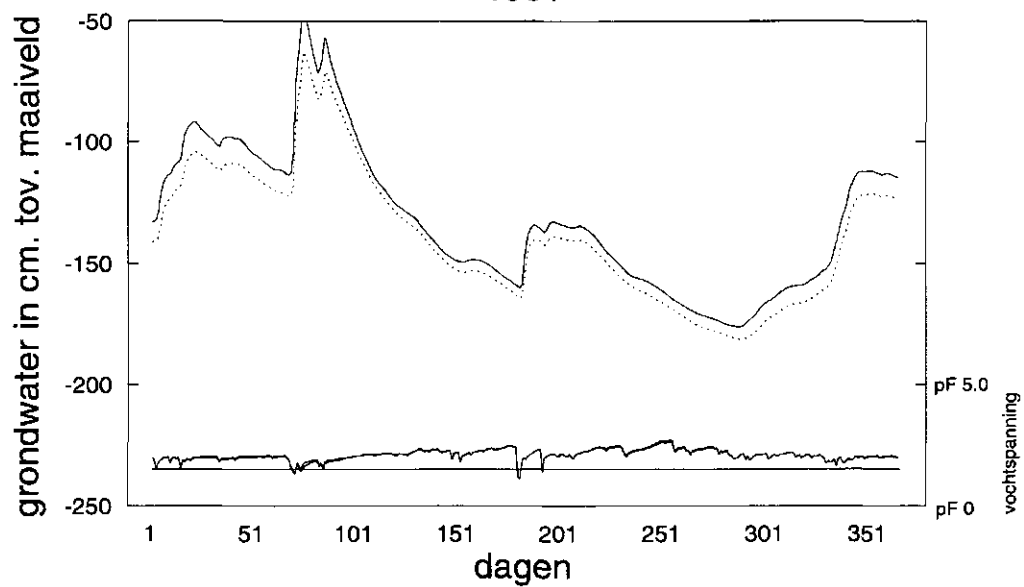
Locatie 8

1971



Locatie 8

1981



Aanhangsel 7

Gesimuleerde relatieve gewasverdamping en aantal werkbare dagen per maand voor scenario 1 (huidige situatie) en 2 (flexibel peilbeheer)

Locatie 1 niet werkbare dagen

scenário	NIET WERK- BAAR NA 1 FEB.		JAN.		FEB.		MRT.		APR.		MEI		JUNI		JULI		AUG.		SEPT.		OKT.		NOV.		DEC.		Rel. Verdam.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1959	86	94	31	31	25	26	23	26	9	12	0	1	0	0	2	2	1	1	0	0	1	1	10	10	16	16	76	76,6
1960	165	170	28	28	20	20	6	6	0	0	1	1	5	5	13	13	20	20	14	15	24	28	30	30	33	33	94,8	94,6
1961	241	247	31	31	28	28	31	31	22	24	12	13	15	15	17	17	19	21	16	17	20	20	30	30	32	32	90,9	88,6
1962	147	152	31	31	28	28	27	31	24	24	14	14	0	0	9	9	5	5	5	5	3	3	12	12	21	22	95,1	94,3
1963	149	161	13	13	9	10	13	17	7	10	10	10	8	8	8	8	14	14	11	11	16	18	22	24	32	32	97,9	97,9
1964	125	135	31	31	28	28	11	18	16	17	9	9	5	5	1	1	3	3	1	1	10	10	16	16	26	28	96,8	97,3
1965	223	229	31	31	28	28	24	28	24	24	26	28	14	14	23	23	19	19	14	14	1	1	19	19	32	32	92,5	91,8
1966	241	243	31	31	28	28	31	31	29	29	12	12	12	12	29	29	17	17	8	8	21	22	23	24	32	32	87	85,5
1967	206	207	31	31	28	28	31	31	22	22	6	6	8	8	5	5	9	9	14	14	22	23	30	30	32	32	93,9	92,2
1968	223	228	31	31	28	28	26	29	4	6	18	18	6	6	13	13	15	15	20	20	31	31	30	30	33	33	95,4	94,6
1969	164	174	31	31	28	28	26	31	23	25	12	13	5	5	2	2	11	11	1	1	2	2	26	26	29	31	95,5	93,8
1970	202	203	26	31	28	28	31	31	30	30	10	10	1	1	15	16	2	2	5	5	19	19	30	30	32	32	89	86,7
1971	115	119	31	31	28	28	31	31	5	9	2	2	12	12	1	1	1	1	1	1	0	0	13	13	21	21	92,3	92,1
1972	133	140	15	15	7	7	2	2	18	18	10	10	6	6	13	14	11	15	12	13	0	1	22	22	33	33	98,7	98,2
1973	180	185	31	31	28	28	26	27	25	28	16	17	4	4	1	1	1	1	8	8	18	18	22	22	32	32	85,4	83,2
1974	172	177	31	31	28	28	25	28	0	0	5	5	3	3	8	8	7	7	13	13	24	25	28	29	32	32	97,2	96,2
1975	139	144	31	31	28	28	29	31	28	30	15	16	2	2	5	5	0	0	4	4	1	1	14	14	14	14	88	86,3
1976	69	78	31	31	9	17	7	7	1	1	2	3	5	5	0	0	0	0	1	1	5	5	14	14	26	26	78,9	80
1977	130	139	27	27	23	24	5	5	13	14	6	6	6	7	3	3	16	16	0	0	5	5	28	28	26	32	97,4	97,6
1978	126	134	31	31	28	28	28	31	16	20	5	5	7	7	10	10	2	2	5	5	4	4	2	2	20	21	98,9	96,5
1979	164	168	31	31	28	28	31	31	23	25	19	19	12	12	2	2	5	6	1	1	1	1	14	14	29	29	98,9	96,8
1980	179	191	31	31	28	28	20	25	16	21	1	1	7	7	26	27	2	2	10	11	14	14	23	23	33	33	93,6	92,3
1981	167	168	31	31	28	28	31	31	8	9	1	1	6	6	15	15	1	1	1	1	20	20	25	25	32	32	94,6	93,8
1982	135	143	31	31	28	28	25	31	6	7	2	3	9	9	3	3	0	0	0	0	16	16	19	19	28	28	84,4	82,6
1983	171	174	31	31	28	28	24	27	30	30	31	31	7	7	2	2	0	0	6	6	10	10	5	5	29	29	82,9	81,9
1984	184	199	31	31	28	28	19	23	3	3	18	19	11	16	8	8	0	0	14	14	26	26	25	30	33	33	94,2	92,4
1985	191	212	31	31	24	28	25	29	26	30	11	12	18	18	9	10	14	14	12	14	3	3	20	23	30	32	98,7	97,1
1986	135	141	31	31	22	25	13	14	24	25	8	8	7	7	0	0	3	3	6	6	11	11	19	19	23	24	90,2	90,2
1987	249	255	31	31	26	28	31	31	17	19	12	12	24	25	9	9	19	19	24	25	26	26	30	30	32	32	95,1	92,2
1988	153	154	31	31	28	28	31	31	13	13	0	0	1	1	15	16	5	5	10	10	9	9	10	10	0	0	95,1	92,2
gem.	165	172	29	30	25	26	23	25	16	18	10	10	8	8	9	9	7	8	8	8	12	12	20	21	27	28	92,3	91,2

Locatie 2 niet werkbare dagen

	NIET WERK- BAAR NA 1 FEB.		JAN.	FEB.	MRT.	APR.	MEI	JUNI	JULI	AUG.	SEPT.	OKT.	NOV.	DEC.	Rel. Verdam.		
scenario	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1,0	2,0	
1959	81	87	31	31	25	19	24	8	9	0	0	2	2	1	1	74,8	75,6
1960	162	164	28	28	20	6	0	0	1	1	1	13	20	14	22	94,6	94,6
1961	232	235	31	31	28	30	31	21	22	12	12	13	17	16	15	92,2	90,9
1962	145	146	31	31	28	28	26	27	23	14	14	0	9	5	5	95,4	94,9
1963	144	146	11	13	8	13	7	7	7	10	10	7	8	8	14	97,7	97,7
1964	117	129	23	31	24	28	11	15	16	8	9	4	5	1	3	96,1	96,8
1965	212	221	31	31	28	28	17	25	24	24	25	26	13	13	1	93,6	93,1
1966	234	234	31	31	28	28	31	31	29	29	12	12	12	27	27	88,7	87,7
1967	205	205	31	31	28	28	31	31	21	21	6	6	8	5	5	94,4	92,6
1968	218	226	31	31	28	28	22	28	3	5	18	18	6	6	13	96,7	95,1
1969	148	164	31	31	28	28	21	31	21	22	9	10	5	5	2	95	94,5
1970	200	200	20	23	28	28	31	31	30	30	9	9	1	1	15	90	87,7
1971	110	115	31	31	28	28	29	31	2	5	2	2	12	12	1	92,1	91,9
1972	129	133	15	15	6	7	2	2	18	18	10	10	6	6	13	98,7	98,7
1973	176	179	20	31	28	28	25	26	24	26	15	15	3	3	1	85,9	84,4
1974	171	173	31	31	28	28	24	26	0	0	5	5	3	3	8	97,7	96,7
1975	131	139	31	31	26	28	29	31	25	26	12	15	2	2	5	88,2	86,6
1976	64	67	30	31	8	8	4	7	1	1	2	2	5	5	0	77,6	78,7
1977	119	124	27	27	23	23	4	4	13	13	6	6	6	3	3	97,1	97,4
1978	114	128	31	31	25	28	26	30	10	16	5	5	7	7	10	99,2	98,7
1979	149	161	21	30	24	27	29	31	20	23	17	19	12	12	1	99,7	99,2
1980	160	173	25	31	27	28	16	22	14	16	1	1	7	7	22	94,6	93,9
1981	167	167	31	31	28	28	31	31	8	8	1	1	6	6	15	94,8	94,1
1982	132	139	31	31	26	28	24	30	6	6	2	2	9	9	3	84,4	83,5
1983	163	170	31	31	28	28	21	26	30	30	31	31	5	5	2	84,3	82,4
1984	166	179	31	31	28	28	18	20	2	3	17	19	8	8	0	94,4	93,9
1985	175	192	31	31	20	26	21	27	21	24	10	10	17	18	9	99,2	98,1
1986	129	135	31	31	22	24	13	14	21	24	6	6	7	7	0	89,7	89,7
1987	235	246	31	31	25	26	28	31	12	17	11	12	24	24	9	96,2	94,9
1988	153	153	31	31	28	28	31	31	13	13	0	0	1	1	15	96,2	94,9
gem.	158	164	28	29	24	25	21	24	15	16	9	10	7	7	9	92,6	91,9

Locatie 3 niet werkbare dagen

	NIET WERKBAAR NA 1 FEB.		JAN.		FEB.		MRT.		APR.		MEI.		JUN.		JUL.		AUG.		SEP.		OKT.		NOV.		DEC.		Rel. Verdam.	
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
scenario	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2		
1959	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	70,3	73,6
1960	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	1	2	96,6	97,7
1961	8	8	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	3	3	99,7	99,7
1962	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,7	100
1963	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	0	98,2	99
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	92,9	95,4
1965	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3	3	100	100
1966	9	9	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3	4	100	100
1967	2	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	99,8	99,8
1968	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
1969	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	96	97
1970	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94,2	95,5
1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	90,4	92,8
1972	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
1973	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	82,7	85,4
1974	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	99,5	100
1975	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	88	89,4
1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	69,9	72,7
1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96,8	97,9
1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,2	99,7
1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,5	100
1980	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94,9	96,4
1981	5	5	1	1	0	0	2	2	0	0	0	0	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,2	99,7
1982	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	80,3	83,5
1983	4	5	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	1	1	88	89,2
1984	3	3	1	1	1	1	0	0	0	0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98	99
1985	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	99,7	99,7
1986	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	89	91
1987	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	99,7	99,7
1988	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,7	99,7
gem.	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	94,1	95,1

Locatie 4 niet werkbare dagen

NIET WERK- BAAR NA 1 FEB.		JAN.	FEB.	MRT.	APR.	MEI	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OKT.	NOV.	DEC.	Rel. Verdam.															
scenario	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2													
1959	23	26	30	31	1	3	7	7	4	5	0	0	1	1	3	5	85,4												
1960	81	87	5	5	2	2	3	3	0	0	0	1	1	2	2	23	28	33	97,7										
1961	140	155	31	31	22	26	13	15	10	12	4	4	4	4	9	9	10	7	8	12	12	22	24	29	32	97	95,9		
1962	64	75	31	31	23	27	7	10	13	16	3	3	0	0	3	3	2	2	1	1	2	2	2	2	2	8	9	98,6	98,4
1963	43	60	1	1	0	1	5	6	1	2	4	4	3	3	3	3	3	3	5	7	7	6	9	16	2	7	99,5	99,5	
1964	43	48	1	2	8	9	4	5	4	5	3	3	3	3	1	1	2	2	0	0	3	4	5	6	11	11	99,5	99,8	
1965	101	114	18	25	5	13	4	5	9	10	11	12	5	5	13	14	7	7	5	5	1	1	11	11	31	32	98,2	97,9	
1966	151	157	22	27	25	28	15	18	23	23	6	6	7	7	12	12	6	6	3	3	6	6	17	17	32	32	96,5	95,5	
1967	120	136	25	31	19	22	19	27	10	12	4	4	4	4	2	2	5	5	6	6	10	11	10	12	32	32	99	98,8	
1968	90	117	31	31	13	16	7	8	0	1	7	7	5	5	7	7	6	6	10	10	16	25	12	21	8	12	99,2	99	
1969	62	74	10	21	14	22	8	10	10	11	4	5	3	3	2	2	5	5	0	0	0	0	12	12	4	4	99,3	99,3	
1970	102	127	3	4	13	14	15	23	22	23	2	2	0	0	7	7	1	2	4	4	11	11	13	15	14	26	98,2	98,2	
1971	36	56	12	15	11	25	6	9	1	1	1	1	6	7	0	0	0	1	1	1	0	0	5	5	5	6	98,8	99	
1972	41	42	1	1	1	1	0	0	5	5	4	4	2	2	5	5	4	4	5	5	0	0	11	11	4	5	99	99	
1973	68	88	3	4	14	21	5	12	12	16	4	5	1	1	0	0	0	0	3	3	8	8	10	11	11	11	96,6	97,1	
1974	86	99	10	13	10	17	8	8	0	0	4	5	1	2	3	4	3	3	7	7	10	10	10	12	31	32	99,7	99,5	
1975	52	66	31	31	11	18	11	15	15	17	4	4	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	7	7	3	3	96,5	96,5	
1976	13	15	15	15	2	3	1	2	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	7	7	83,1	85,1	
1977	40	41	8	8	9	9	1	1	3	3	2	2	2	2	1	1	5	6	0	0	2	2	10	10	5	5	98,9	99,2	
1978	41	45	9	9	3	3	9	11	1	1	2	2	3	3	6	6	1	1	4	5	1	1	0	0	11	12	100	99,7	
1979	60	70	5	6	4	4	11	17	9	10	5	8	5	5	1	1	3	3	1	1	1	1	4	4	16	16	100	100	
1980	58	72	6	7	8	17	5	5	5	6	0	0	3	5	11	11	0	0	3	3	2	2	11	12	11	12	99,2	99,2	
1981	73	100	27	31	7	12	23	26	0	1	1	1	3	3	5	6	1	1	1	1	10	11	10	12	13	27	98,5	97,9	
1982	55	67	11	21	7	15	11	14	2	2	1	1	5	5	1	1	0	0	0	0	5	5	11	12	12	12	94,7	95,9	
1983	84	93	21	29	15	19	13	14	16	20	17	17	1	1	1	1	0	0	4	4	2	2	4	4	11	11	97,3	97,1	
1984	30	81	30	30	7	21	0	5	0	0	3	8	1	3	1	2	0	0	2	6	9	13	5	8	3	16	77,8	97,2	
1985	29	76	5	29	1	9	2	5	8	13	1	5	3	9	1	4	1	5	3	6	0	1	3	6	6	13	98,7	99,7	
1986	36	60	13	30	0	6	5	10	2	7	1	1	2	6	0	0	1	2	0	2	7	7	5	5	14	15	80,9	98	
1987	71	124	6	28	2	9	7	20	1	1	2	5	6	8	4	6	5	6	5	8	8	15	16	21	16	26	98,9	98,4	
1988	83	94	30	31	24	28	26	30	2	3	0	0	0	0	9	9	0	0	2	2	5	5	2	3	0	0	98,9	98,4	
gem.	66	82	15	19	9	14	8	11	6	8	3	4	3	3	4	4	3	3	3	4	5	6	9	10	13	15	96,1	97,5	

Locatie 5 niet werkbare dagen

[illegible]

Locatie 6 niet werkbare dagen

	NIET WERK- BAAR NA 1 FEB.		JAN.	FEB.	MRT.	APR.	MEI	JUN.	JUL.	AUG.	SEP	OKT.	NOV.	DEC.	Rel. Verdam.	
scenario	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1959	0	0	20	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	84,6	85,8
1960	15	21	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	3	98,7	98,7
1961	47	51	16	23	16	18	5	5	0	1	1	1	1	4	96,5	95,7
1962	13	18	20	21	10	14	0	0	0	0	0	0	0	0	98,4	97,6
1963	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	100	100
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,8	100
1965	25	26	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	22	99,2	99,2
1966	71	74	6	7	11	11	4	5	15	1	1	0	0	3	95,2	94,7
1967	20	31	8	10	3	4	5	9	1	7	0	0	1	1	99,5	97,5
1968	4	7	23	26	1	3	0	0	0	0	1	1	1	1	99,2	99
1969	5	5	0	1	0	0	1	1	1	1	0	0	1	1	100	100
1970	7	7	0	0	2	2	1	1	1	1	0	0	1	1	100	99,7
1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	99,5	99,8
1972	3	3	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	0	0	100	100
1973	1	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	97,1	98,1
1974	8	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	100	99,7
1975	4	5	15	18	3	4	1	1	0	0	0	0	0	0	97,2	97,5
1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79,8	81,5
1977	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	99,5	99,7
1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
1980	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	99,7	99,7
1981	15	18	2	7	0	0	12	15	0	0	0	0	0	0	98,5	97,9
1982	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	95,7	97
1983	15	25	1	1	4	11	1	3	4	5	1	0	0	3	98,8	98,1
1984	12	14	17	19	9	11	0	0	0	0	0	0	0	0	98,7	98,5
1985	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	100
1986	2	2	9	12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	99,3	99,3
1987	19	28	7	10	0	0	1	1	0	1	0	1	2	7	99,5	98,9
1988	23	30	22	24	14	14	6	11	0	2	0	0	0	0	99,5	98,9
gem.	11	13	6	7	2	3	1	2	1	1	0	0	0	1	97,8	97,5

Locatie 7 niet werkbare dagen

	NIET WERK- BAAR NA 1 FEB.		JAN.	FEB.		MRT.		APR.	MEI	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OKT.	NOV	DEC.	Rel. Verdam.	
scenario	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1959	16	19	31	31	2	5	7	7	4	4	0	0	0	0	1	1	81,3	82,7
1960	71	76	4	4	2	2	1	1	0	0	1	1	6	8	8	7	98,2	98,2
1961	128	138	31	31	26	28	16	20	10	11	4	4	8	8	4	7	95,4	94,2
1962	57	66	31	31	27	28	8	12	11	15	1	1	1	1	0	1	97,8	97
1963	33	36	1	1	0	0	4	4	1	1	3	3	2	3	6	5	99,7	99,7
1964	25	29	0	0	4	5	3	3	2	3	2	2	0	1	0	0	98,6	99,3
1965	81	85	16	17	1	1	3	4	6	6	7	7	5	13	4	5	99	98,7
1966	144	152	25	28	27	28	15	20	24	24	5	5	5	11	13	5	95,7	94
1967	96	113	29	31	20	22	19	25	9	12	3	3	2	1	2	3	99,3	98,8
1968	61	71	31	31	13	16	4	6	0	0	6	6	2	2	5	6	99,2	98,7
1969	39	49	6	8	9	12	5	7	7	10	3	3	2	3	0	0	99,8	99,8
1970	62	67	1	3	11	11	5	6	11	15	2	2	0	0	6	6	99,2	99,2
1971	10	17	8	8	5	8	1	2	1	1	1	1	3	0	0	0	98,1	98,8
1972	32	33	1	1	0	0	0	0	4	5	3	3	2	2	5	4	99,2	99,2
1973	48	49	3	3	10	10	3	3	7	7	1	2	1	1	0	0	93,3	95
1974	57	64	6	6	6	6	2	4	0	0	1	2	0	1	1	3	100	99,7
1975	41	57	31	31	12	20	11	13	11	15	4	4	0	0	0	1	97,2	97
1976	3	5	15	15	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75,8	77,8
1977	26	26	7	7	6	6	0	0	2	2	0	0	2	2	0	1	99,2	99,5
1978	21	23	6	6	0	0	6	6	0	0	1	1	1	2	1	1	100	100
1979	38	41	5	5	3	3	6	6	5	6	3	3	2	3	0	0	100	100
1980	32	35	3	3	5	5	3	3	3	3	0	0	0	1	2	2	99	99,2
1981	56	66	13	14	4	5	21	23	0	4	1	1	3	4	4	0	99	97,2
1982	40	44	6	9	2	3	7	9	1	2	1	1	5	1	1	0	93,8	95
1983	62	76	12	13	9	14	11	13	11	15	13	16	1	1	1	0	97,8	97,8
1984	56	58	28	28	21	22	4	4	0	0	6	6	2	2	1	1	98,2	97,7
1985	41	43	6	10	1	1	3	3	9	10	4	4	4	5	1	1	99,7	99,7
1986	44	53	21	22	0	6	8	10	4	5	1	1	5	0	0	1	97,8	98
1987	78	89	13	23	3	6	10	12	1	1	4	4	6	4	5	5	99,5	99,2
1988	80	88	31	31	26	28	26	30	3	5	0	0	0	7	7	0	99,5	99,2
gem.	53	59	14	15	9	10	7	9	5	6	3	3	2	2	2	4	97,0	97,0

Locatie 8 niet werkbare dagen

	NIET WERK- BAAR NA 1 FEB.		JAN.	FEB.	MRT.	APR.	MEI	JUN.	JUL.	AUG.	SEP.	OKT.	NOV.	DEC.	Rel. Verdam.	
scenario	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1959	0	0	5	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	79,9	81,5
1960	7	9	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	97,9	98,2
1961	20	26	2	3	4	8	0	1	1	0	0	2	2	0	99,5	99,2
1962	4	6	5	7	3	5	0	0	0	0	0	0	0	0	99,7	99,2
1963	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	99,5	99,7
1964	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	97,7	98,6
1965	13	14	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	99,7	99,7
1966	30	36	4	5	8	9	1	2	2	1	0	0	0	16	99,2	99
1967	5	6	5	5	1	2	1	0	0	0	1	0	0	1	100	99,8
1968	2	3	3	8	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	100	100
1969	2	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	99,5	99,8
1970	2	4	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	99,2	99,5
1971	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	96,2	97,6
1972	3	3	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	100	100
1973	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	91,4	93
1974	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	100	100
1975	0	1	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	94,7	95,4
1976	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75,4	77,1
1977	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98,2	98,7
1978	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
1979	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	100
1980	2	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	99,2	99,5
1981	6	6	1	1	0	0	3	0	2	1	0	0	0	0	99,7	99,7
1982	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	89,9	91,8
1983	7	7	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	3	96,4	96,9
1984	6	7	2	2	4	5	0	0	0	0	0	0	0	0	99,7	99,7
1985	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	100	100
1986	2	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	96,1	97,3
1987	4	5	2	2	0	0	1	0	0	1	0	1	0	1	100	100
1988	3	5	3	9	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	100	100
gem.	4	5	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	96,6	97,3

Overzicht dagnummers waarop 200 graaddagen worden bereikt

jaar	dagnr	Gecorrigeerde dagnummers																							
		loc 1		loc 2		loc 3		loc 4		loc 5		loc 6		loc 7		loc 8									
		1	2	Δ	1	2	Δ	1	2	Δ	1	2	Δ	1	2	Δ	1	2	Δ	1	2	Δ	1	2	Δ
1959	66	74	75	1	72	74	2	68	68	0	70	71	1	70	71	1	71	72	1	71	71	0	70	70	0
1960	60	61	61	0	61	61	0	61	61	0	61	61	0	61	61	0	60	61	1	61	61	0	60	60	0
1961	53	64	65	1	64	65	1	56	56	0	58	60	2	59	60	1	62	64	2	61	63	2	58	58	0
1962	62	93	94	1	93	94	1	77	80	3	89	90	1	89	90	1	91	92	1	91	92	1	88	89	1
1963	97	99	99	0	98	99	0	98	98	0	98	99	1	98	99	1	98	98	0	98	98	0	98	98	0
1964	82	87	88	1	86	87	1	83	83	0	85	85	0	85	85	0	84	85	1	84	85	1	84	84	0
1965	77	87	88	1	87	87	0	79	79	0	83	84	1	83	83	0	82	83	1	82	82	0	80	81	1
1966	58	64	65	1	64	65	1	60	60	0	62	63	1	62	63	1	63	63	0	63	63	0	62	62	0
1967	51	59	61	2	59	60	1	53	53	0	56	57	1	56	57	1	57	58	1	57	58	1	55	56	1
1968	80	87	88	1	87	88	1	82	83	1	85	85	0	85	85	0	86	86	0	86	86	0	84	85	1
1969	89	98	98	0	97	98	1	91	91	0	95	96	1	95	96	1	96	96	0	95	96	1	93	94	1
1970	99	109	110	1	108	109	1	102	102	0	106	107	1	106	106	0	105	106	1	104	105	1	103	103	0
1971	55	77	79	2	77	78	1	68	70	2	74	75	1	74	75	1	74	75	1	73	74	1	72	73	1
1972	75	77	77	0	77	77	0	76	76	0	76	76	0	76	76	0	76	76	0	76	76	0	76	76	0
1973	75	87	89	2	85	88	3	77	77	0	81	82	1	80	82	2	79	80	1	79	80	1	78	79	1
1974	40	49	54	5	47	53	6	41	41	0	42	42	0	42	42	0	42	42	0	42	42	0	41	42	1
1975	33	55	57	2	54	57	3	40	41	1	44	49	5	48	49	1	52	54	2	49	53	4	43	44	1
1976	59	64	71	7	63	64	1	60	60	0	61	61	0	61	61	0	60	61	1	60	60	0	60	60	0
1977	65	60	61	1	60	60	0	55	55	0	56	56	0	56	56	0	55	55	0	55	55	0	55	55	0
1978	69	75	79	4	73	75	2	70	70	0	71	71	0	71	71	0	70	71	1	70	70	0	70	70	0
1979	101	105	106	1	104	105	1	101	102	1	103	103	0	103	103	0	102	103	1	102	102	0	102	102	0
1980	74	88	90	2	88	88	0	76	77	1	85	86	1	85	86	1	84	85	1	83	84	1	77	78	1
1981	71	81	82	1	81	82	1	72	72	0	79	80	1	79	80	1	79	80	1	75	78	3	73	74	1
1982	72	84	86	2	82	85	3	74	74	0	77	79	2	77	79	2	77	79	2	76	77	1	75	76	1
1983	57	72	72	0	71	72	1	59	60	1	65	66	1	64	65	1	64	65	1	63	64	1	62	62	0
1984	82	100	101	1	99	100	1	86	87	1	93	95	2	93	95	2	95	96	1	93	95	2	89	90	1
1985	92	95	95	0	95	95	0	93	93	0	94	94	0	94	94	0	94	94	0	94	94	0	93	93	0
1986	88	99	100	1	97	99	2	89	89	0	94	95	1	94	95	1	94	95	1	92	94	2	90	91	1
1987	96	101	103	2	101	102	1	97	97	0	99	99	0	99	99	0	99	99	0	98	99	1	98	98	0
1988	35	52	52	0	51	52	1	37	37	0	45	46	1	45	47	2	50	51	1	49	50	1	42	45	3
gem.	70,4	80,1	81,5	1,4	79,4	80,6	1,2	72,7	73,0	0,4	76,2	77,1	0,9	76,3	77,0	0,7	76,7	77,5	0,8	76,1	76,9	0,8	74,4	74,9	0,6

Overzicht dagnummers waarop 200 graaddagen worden bereikt.

	dagnr.	gecorrigeerde dagnummers															
		locatie 1		locatie 2		locatie 3		locatie 4		locatie 5		locatie 6		locatie 7		locatie 8	
scenario		1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1964	82	87	88	86	87	83	83	85	85	85	85	84	85	84	85	84	84
1969	89	98	98	97	98	91	91	95	96	95	96	96	96	95	96	93	94
1970	99	10 9	110	10 8	10 9	10 2	10 2	10 6	10 7	10 6	10 6	84	85	10 4	10 5	10 3	10 3
1971	55	77	79	77	78	69	69	74	75	74	75	74	75	73	74	75	73
1981	71	81	82	81	82	72	72	79	80	79	80	79	80	75	78	73	74